

**Пояснювальна записка
до дипломного проекту**

на тему: Вимірювальний перетворювач витрати друкарської фарби

Київ – 2020 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний
Приладобудування**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Олександр ЧОРНОГУБ

«___» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані
технології та системи точної механіки»**

**спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології»**

на тему: «Вимірювальний перетворювач витрати друкарської фарби»

Виконав (-ла):

студент (-ка) IV курсу, групи ПМ-61

Чорногуб Олександр Миколайович _____

Керівник:

Асистент

Драчук Олеся Олександрівна _____

Консультант технологічний:

Асистент

Заєць Сергій Сергійович _____

Рецензент:

Доцент, кандидат технічних наук

Шевченко Вадим Володимирович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП ПМ6118. 01 ПЗ	Пояснювальна записка		
3	A1	ДП ПМ6118. 02 С1		1	
4	A1	ДП ПМ6118. 03 С2		1	
5	A1	ДП ПМ6118. 04 СК		1	
6	A1	ДП ПМ6118. 04.01 ТК		1	
7	A1	ДП ПМ6118. 04.02 ТК		1	
8	A1	ДП ПМ6118. 04.03 ТК		1	
9	A1	ДП ПМ6118. 04.04 ТК		1	

				ДП ПМ6118 00.000.00		
	ПБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.					1	1
Керівн.					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ПБ Гр. ПМ-61	
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.						

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Вимірювальний перетворювач витрати друкарської фарби»

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Факультет Приладобудівний

Кафедра Приладобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність (спеціалізація) 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології (Комп'ютерно-інтегровані технології проектування приладів)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
приладобудування

(підпис) (ініціали, прізвище)

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Чорногубу Олександр Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема Вимірювальний перетворювач витрати друкарської фарби

керівник проекту Драчук Олеся Олександрівна асистент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. №_____
(заповнюється при наявності наказу)

2. Строк подання студентом проекту _____

3. Вихідні дані до проекту Вимірюване середовище – фарба. Номінальний діаметр $D_n = 24 \cdot 10^{-3}$ м. Температура вимірюваного середовища, °C: +20 - +24. Температура навколишнього середовища, °C: +24. Тиск в трубопроводі – 2.5 МПа. Допустима відносна похибка, % - 1.5. Ступінь захисту IP65.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити) _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) _____

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологічний</i>			

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
	<i>Ознайомлення із Т.З.</i>		

Студент

(підпис)

Чорногуб О.М.
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

(підпис)

Драчук О.О.
(ініціали, прізвище)

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	ДП.ПМ61.18 ПЗ	Пояснювальна записка		
2	A3	ДП.ПМ6118.02 С1	Схема принципова	1	
4	A2	ДП.ПМ6118.03 С2	Схема структурна	1	
5	A1	ДП.ПМ6118.04 СК	Складальний кресленик	1	
6	A3	ДП.ПМ6118.04.01	Кресленик деталі	1	
7	A4	ДП.ПМ6118.04.02	Кресленик деталі	1	
8	A4	ДП.ПМ6118.04.03	Кресленик деталі	1	
9	A2	ДП.ПМ6118.04.04	Кресленик деталі	1	

Загальна кількість аркушів формату А1 – 4 шт.

				ДП ПМ61.18 ВДП		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.				Відомість дипломного проекту	Лист	Листів
Керівн.						
Н/контр.					НТУУ «КПІ» Каф. ПБ гр. ПМ-61	
Зав.каф.						

Анотація

В даному дипломному проєкті розроблена система вимірювання витрати фарби на ПрАТ „Елопак – Фастів”. Ця система є важливим та невід’ємним елементом виробничого процесу.

Мета даної роботи – огляд та порівняння двох типів витратомірів для подальшої розробки приладу та інтеграції в систему інтелектуального контролю витрати фарби при промисловому друці, що в свою чергу задовільняє ряд виробничих потреб - своєчасний контроль рівня фарби у великій закритій ємності, збір даних для подальшого аналізу, планування та контролю друку.

Ключові слова: витратомір, фарба, метод вимірювання, опис витратоміру.

Загальна кількість рисунків – 24

Загальна кількість сторінок - 59

Annotation

In this diploma project the system of measuring the consumption of paint at PJSC "Elopak - Fastiv" is developed. This system is an important and integral part of the production process.

The purpose of this work is to review and compare two types of flowmeters for further development of the device and integration into the system of intelligent control of ink consumption in industrial printing, which in turn satisfies a number of production needs. printing planning and control.

Keywords: flowmeter, paint, measurement method, flowmeter description.

total number of drawings - 24

total number of pages - 59

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ПРОЕКТНО КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....	6
1. Огляд та аналіз системи подачі фарби та існуючих приладів.....	6
2. Розробка та вибір вимог до характеристик приладу.....	22
3. Розробка структурної схеми	23
4. Розробка математичної моделі приладу.....	34
5. Розрахунок параметрів трубопроводу.....	34
6. Моделювання потоку фарби у CAD/CAE SolidWorks.....	35
7. Розрахунок метрологічних характеристик приладу.....	39
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	43
1. Опис конструкції.....	43
2. Розрахунок критерії технологічності приладу.....	49
3. Технологічне проєктування.....	51
4. Розрахунок розмірного ланцюга.....	55
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	55

ВСТУП

На сьогоднішній день автоматизація виробництва переживає четверту промислову революцію Industrial 4.0, яка надає змогу збирати та аналізувати дані з різних систем і приладів в єдиному інформаційному просторі, що дозволяє робити виробництво більш гнучким та швидко адаптуватись під потреби клієнта. Грамотно побудована система автоматизації допомагає підвищити стабільність виробництва, забезпечити високу якість продукції, збільшити продуктивність та виявити недоліки в технології.

На підприємство ПрАТ «Елопак – Фастів» фарба постачається у закритих ємностях, місткістю 200л. Дані ємності встановлюються на систему подачі фарби та за допомогою пневматичних насосів подається на лінію друку для подальшого використання. У процесі друку кількість витраченої фарби на одне замовлення може змінюватись. Витрата фарби залежить від багатьох чинників, таких як: насиченість, контрастність, тираж та відсоток задрукованої поверхні. Собівартість продукції залежить від багатьох чинників. Основні з них – це вартість сировини, енергоресурсів та оплата людської праці. На сьогоднішній день для визначення собівартості продукту використовується розрахункове значення фарби.

На лінії друку одночасно використовується до восьми різних кольорів фарб в залежності від замовлення. Необхідно реєструвати витрату кожної фарби. Для накопичення та зберігання та архівування даних використовується продукт «General Electric» DataHistorian. Передача даних в DataHistorian для архівування реалізована через Ole for Process Control (OPC).

Існують складнощі у підрахунку залишку фарби у ємності та своєчасному замовленні фарби у постачальника, що може призвести до позапланової зупинки процесу друку. Також відсутня реєстрація масової витрати фарби для подальшого аналізу в разі отримання рекламцій на замовлення.

В даній роботі описано систему подачі фарби на лінії друку, вимірюване середовище, а також представлено методи для вимірювання витрати фарби. Враховуючи характеристики вимірюваної рідини, було розглянуто два типи

					<i>ПМ6118.00.ПЗ</i>	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

витратомірів, що найкраще підходять для вибраного середовища. Розглянуто конкретні прилади для вимірювання витрати фарби та розроблено власний витратомір на основі існуючого. Змодельовано експериментальні потоки рідин. Для вимірювання витрат забруднених, агресивних рідин і пульп, розглянемо ультразвукові та електромагнітні витратоміри.

РОЗДІЛ 1 ПРОЕКТНО КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

1. Огляд та аналіз системи подачі фарби та існуючих приладів

1.1. Система подачі фарби

Середовище вимірювання - друкарська фарба. Залежно від кольору та виробника характеристики фарби змінюються. Це лужне середовище з балансом рН 17-20, густина фарби змінюється в діапазоні 1-1,5 г/см³, в'язкість більша 21 мм²/с. Складові системи вимірювання повинні бути пристосовані до роботи в агресивному середовищі.

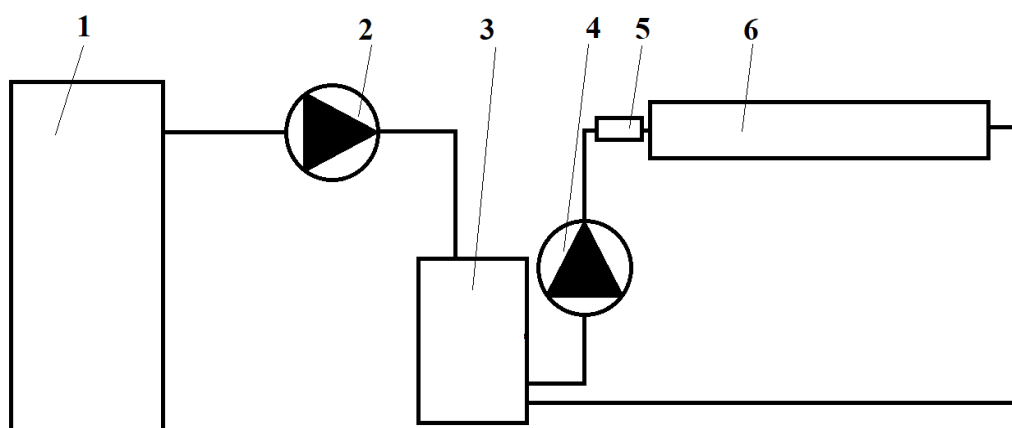


Рис 1,1. Структурно-принципова схема подачі фарби

Процес подачі фарби реалізовано наступним чином (рис.1): фарба з великої ємності (1) подається до проміжної ємності з фарбою (3), за допомогою пневматичного насоса мембранного типу (2). З проміжної ємності фарба подається в ракельну камеру (6) за допомогою насоса (4). Зворотня подача фарби до проміжної ємності реалізована гравітаційним методом. У проміжній ємності контролюються та підтримуються необхідні для друку параметри фарби: температура, кислотно-лужний баланс та в'язкість, щогодини фарба перемішується для забезпечення її однорідності. Насос діафрагмовий - об'ємний насос, роль поршня у якому виконує гнучка пластина — діафрагма, закріплена по краях, деформація якої відбувається під дією важільного механізму. При вигині діафрагми в один бік відбувається всмоктування рідини, при вигині в інший — нагнітання. Максимальний тиск 8.9бар.[34]

Для вимірювання витрати рідин в динамічних системах використовують прилади, побудовані на різних фізичних методах вимірювання, а саме витратоміри: механічної дії, на основі акустичних явищ, електромагнітні витратоміри[1, 2].

Через агресивне середовище вимірювальної рідини, використання контактного способу вимірювання витрати - неприпустиме. В зв'язку з цим в даній роботі розглянуто два типи безконтактних витратомірів, а саме: ультразвукові та електромагнітні.[34]

1.2.Опис вимірювального середовища. Його характеристики

В даній роботі розглядається лінія друку. Друк здійснюється фарбою на водній основі фірма – виробник Siegwerk

Друкарська лінія складається з 8 друкарських секцій. На кожній з секцій використовується одна з восьми фарб

WB UNI CHROME GREY 0402-Fa
WB UNI CHROME PROCESS BLACK-Fa
WB UNI CHROME PROCESS CYAN-Fa
WB UNI CHROME PROCESS GREEN-Fa
WB UNI CHROME PROCESS MAGENTA-Fa
WB UNI CHROME PROCESS ORANGE 021-Fa
WB UNI CHROME PROCESS VIOLET 2738-Fa
WB UNI CHROME PROCESS YELLOW-Fa

Матеріал

14-914026-1.1470
14-914028-7.1470
14-123925-1.1470
14-515648-5.1470
14-815791-0.1470
14-707536-0.1470
14-123924-4.1470
14-307766-7.1470

Компанія виробник - Siegwerk France S.A.S.

Рекомендоване використання хімічної речовини та обмеження у використанні

Рекомендоване використання - Друкарські фарби, лаки та матеріали, що стосуються друкарських матеріалів, пов'язаних з професійними користувачами.

					ПМ6118.00.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Ідентифікація факторів ризику

Класифікація GHS Безпечна речовина

Маркування згідно з GHS Безпечна речовина

Інші фактори ризику, які не потребують класифікації Не відомо

Пояснення: **GHS** Узгоджена на глобальному рівні система класифікації та маркування хімічних речовин (УГС) (англ. The Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS)) – це міжнародно узгоджений стандарт, керований ООН, який був створений для заміни різноманітних схем класифікації та маркування небезпечних матеріалів у всьому світі на єдину, зрозумілу для всіх універсальну систему. Основні елементи УГС включають стандартизовані критерії випробувань на безпеку, універсальні сигнальні піктограми та узгоджені таблиці даних про безпеку, що надає інформацію людям, працюючим із небезпечними вантажами. Станом на 2017 рік, система була в значній мірі імplementована у 72 країнах світу. Зокрема, система УГС була впроваджена в законодавство Європейського Союзу як Постанова (ЄС) № 1272/2008, також відома як CLP (Classification, Labeling and Packaging).

Чиста речовина/Препарат : Суміш

Хімічна природа : Приготування смол, органічних та неорганічних пігментів (окрім для непігментованих систем, таких як розширювачі або дисперсійні лаки), та добавок у воду як основний розчинник.

Небезпечні компоненти

Хімічна назва	Номер CAS	Класифікація	Величина гранично допустимої концентрації, мг/м ³ / Величина орієнтовного безпечного рівня впливу (ОБРВ)	Концентрація (% w/w)
Propan-2-ol	67-63-0	Flam. Liq. 2; H225 Eye Irrit. 2A; H319 STOT SE 3; H336		>=1-<10
Ammonium hydroxide	1336-21-6	Skin Corr. 1B;		>=0,1-<1

					ПМ6118.00.ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

		H314 Aquatic Acute 1; H400		
--	--	--------------------------------------	--	--

Фізико-хімічні властивості

Зовнішній вигляд	: рідина
Колір	: забарвлений
Запах	: характерний
Поріг сприйняття запаху	: не встановлено
pH	: 17-20
Температура/діапазон плавлення	: Непридатне
Температура кипіння	: > 38 Гр.Цел
Температура спалаху	: не спалахує
Швидкість випаровування	: не встановлено
Верхня вибухонебезпечна границя	: не встановлено
Нижня вибухонебезпечна границя	: не встановлено
Тиск пари	: < 1.100 гПа (50 Гр.Цел)
Відносна густина пари	: не встановлено
Густина	: приблизно 1,01 г/см3 (20 Гр.Цел)
Коефіцієнт розділення (н- октанол/вода)	: Немає даних
Температура самозаймання	: не встановлено
Температура розкладання	: Речовина або суміш не належить до класу самореактивних.
В'язкість	
В'язкість, кінематична	: > 21 мм2/с (40 Гр.Цел)
Вибухові властивості	: Не вибухонебезпечний
Окислювальні властивості	: Речовина або суміш не належить до класу окисників.

					ПМ6118.00.ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.3.Класифікація ультразвукових витратомірів

Основні положення.

Ультразвукові витратоміри поділяються на:

- Кореляційні;
- Часопрхідні;
- Доплерівські.

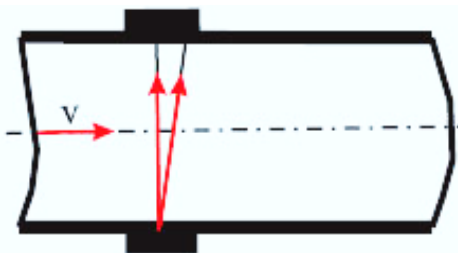


Рис 1.2. Кореляційний метод

1.3.1. Кореляційний метод(рис.2), або метод зносу ультразвукового сигналу базується на вимірюванні відхилення ультразвукового сигналу в бік руху потоку речовини. Швидкість руху потоку впливає на величину кута відхилення сигналу.

Конструктивно витратоміри представляють собою два чи три датчика – один випромінювач сигналу та один чи два приймачі (рис.2), встановлених на протилежних стінках перпендикулярно потоку. Після проходження сигналу через вимірювальне середовище визначається величина зносу або кут зносу сигналу.[34]

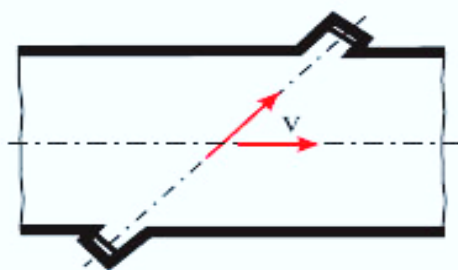


Рис. 1.3. Часопрхідний метод

1.3.2. Часопрхідні витратоміри(рис.3) визначають поширення ультразвуку за та проти течії. Існують різні схеми часопрхідних ультразвукових витратомірів. Вони можуть бути як одно- так і багатоканальними, вимірювальні канали можуть бути розташовані на вісі та під кутом до потоку

(рис.3). Розрізняють прилади, що вимірюють різниці фазових зсувів ультразвукових коливань, різниці частот повторення коротких імпульсів або пакетів ультразвукових коливань та безпосередній вимір різниці часу проходження коротких імпульсів.[34]

Ультразвукова хвиля рухається уздовж трубопроводу спочатку в напрямку потоку, а потім - у протилежному. Характеристики вимірюваного середовища впливають на швидкість звуку в ньому. За різницею швидкості проходження сигналу обчислюється витрата. [34]

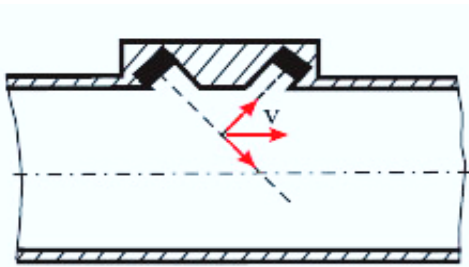


Рис 1.4. Метод ефекта Доплера

1.3.3. Доплерівські витратоміри(рис.4) засновані на ефекті Доплера – зміни частоти і довжини хвиль, викликані рухом джерела і/або рухом приймача хвиль. Принцип дії таких приладів полягає у порівнянні частоти двох сигналів: вихідного і сигналу, який відбився від рухомих частинок

середовища. [34]

Витратоміри можуть бути контактні й безконтактні залежно від того чи стикається п'єзоелемент або його мембрана із рідиною чи ні. За способом монтажу прилади можуть бути як врізаними, так і накладними [3, 4].

Перевагами ультразвукових витратомірів є: висока точність вимірювання в широкому діапазоні, великий вибір типорозмірів, точність вимірювання, відсутність рухомих частин, простота монтажу, налаштування та обслуговування [5, 6].

До переваг ультразвукових витратомірів відносяться:

- необмежений діапазон вимірювань;
- відсутність рухомих частин первинного перетворювача забезпечує високу надійність приладу;
- висока точність $\pm (0,25 - 2)\%$;
- можливість вимірювання потоків у обох напрямках;
- безконтактне вимірювання текучих середовищ;
- можливість використання на трубопроводах великих та малих діаметрів;
- стабільність метрологічних характеристик протягом тривалого часу;
- надійні приймально–передавальні елементи;
- відсутність деформацій потоку вимірюваного середовища тиску, через відсутність виступаючих елементів;
- можливість визначення додаткових параметрів потоку таких як: густина, швидкість звуку, температура, тощо.

1.4. Опис ультразвукових витратомірів

Опис ультразвукового витратоміру ДНЕПР-7У

					ПМ6118.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Портативний ультразвуковий витратомір-лічильник «ДНЕПР-7У» багатоблоковий, для вимірювання гомогенних рідин з накладними датчиками, виробництва Дніпро-Україна. Даний витратомір підходить для великої кількості різних середовищ, а саме:

- вода
- стічні води з домішками
- рідкі хімічні речовини
- надчисті рідини
- продукти харчування (в рідкому вигляді)
- нафту, масло, мазут та ін.
- розчинники та інші технічні рідини

Ультразвуковий витратомір розроблений для вимірювань швидкості руху рідини в закритих трубопроводах. Приймальні датчики накладні, затискного типу, що несе в собі безліч переваг роботи гарантуючи відсутність неполадок, а також можливості легкого монтажу приладу на об'єкт.

Регулятор потоку використовує два приймача, які функціонують в парі як ультразвукової передавач і приймач. Ці пристрої кріпляться на зовнішній стороні герметичного трубопроводу на встановленому відстані один від одного. Давачі(Перетворювачі) можуть бути встановлені методом V, коли звук перетинає трубопровід двічі, або W методом, коли звук перетинає трубопровід чотири рази, або Z методом, коли перетворювачі встановлюються на трубопроводі в точності один навпроти іншого і звук перетинає трубу раз. Вибір методу установки перетворювачів залежить від типу трубопроводу і характеристик вимірюваної рідини. Регулятор потоку працює за принципом передачі та прийому акустичної енергії між двома перетворювачами і виміром часу проходження звукового сигналу між двома перетворювачами. Різниця в виміряному часу передачі по потоку і проти потоку співвідноситься зі швидкістю протікання рідини в трубопроводі.

Переваги конструкції

- Простота монтажу.

					<i>ПМ6118.00.ПЗ</i>	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Накладні датчики-приймачі кріпляться до труби за допомогою затискачів, не вимагаючи врізки та інших, збиткових для системи, дій.

- Універсальність.

Регулятор потоку працює в широкому температурному діапазоні, а 3 комплекти різних діапазонів вимірювання датчиків дозволяють монтувати їх на труби різного діаметру.

- Зносостійкість.

Відсутність рухомих частин і безпосереднього контакту з вимірюваною рідиною

- Точність вимірювань.

Хороша захищеність від перешкод, швидкодія і відсутність гідравлічного опору забезпечують максимальну достовірність даних

Принцип дії ультразвуковий

Приєднання в систему накладний

Дисплей LCD з підсвіткою, індикацією.

Діаметр Ду 50мм..1600мм

Виходи даних сигнал постійного струму 4..20мА

Температура вимірюваного середовища -1..150 ° С

Точність < 1% потоку

Інтерфейс передачі даних RS485, RS232 [13]

Опис одноканального ультразвукового витратоміру Еталон-РМ

ЕТАЛОН-РМ відноситься до широкого класу ультразвукових витратомірів в принцип дії якого полягає в точному вимірі різниці часу проходження ультразвукових коливань у напрямку потоку і проти потоку вимірюваної речовини. Ультразвукові витратоміри засновані на такому принципі дії називаються "час-імпульсний витратомір".

Ультразвукові час-імпульсні витратоміри набули поширення в світі і практично безальтернативні для вимірювання великих витрат.

Переваги:

- Відсутні рухомі частини, схильні до зносу

					<i>ПМ6118.00.ПЗ</i>	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Мінімальний вплив на вимірюваний потік і відсутність втрат тиску в результаті вимірювання;
- низькі витрати на обслуговування ультразвукового витратоміра;
- Здатність роботи на трубах великого діаметру;
- Нечутливий до гідроударів, вібрацій, зміни температури потоку і тиску.

Технічні дані ультразвукового витратоміра ЕТАЛОН-РМ

Принцип дії ультразвуковий

Приєднання в систему фланцеве

Діаметр Ду 50..2000 мм

Точність $< \pm 0.5\%$ потоку

Виходи даних сигнал постійного струму 4..20мА

Матеріал приладу сталь 12Х18Н10Т

Інтерфейс передачі даних RS485, RS232 [14]

Опис ультразвукового витратоміру ВЗЛЕТ МР

Багатоканальний лічильник-витратомір ВЗЛЕТ МР призначений для вимірювання середньої об'ємної витрати і об'єму реверсивних потоків різних рідин (гарячих, холодних, стічних вод, кислот, лугів, і т.д.) в одному або ж декількох трубопроводах при різних умовах експлуатації.

За принципом роботи витратомір відноситься до часу-імпульсним ультразвуковим витратомірам, робота яких заснована на вимірі різниці часів проходження ультразвукового сигналу (УЗС) при поширенні по і проти потоку рідини в трубопроводі.

Ультразвуковий витратомір «ВЗЛЕТ МР» забезпечує:

- вимір середнього об'ємної витрати рідини по 1 - 4 каналам виміру для будь-якого напрямку потоку;
- визначення об'єму рідини наростаючим підсумком окремо для прямого і зворотного напрямку потоку і їх алгебраїчної суми з урахуванням напрямку

потоку для кожного каналу вимірювання;

					<i>ПМ6118.00.ПЗ</i>	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- визначення поточного значення швидкості і напрямку потоку рідини по кожному каналу;
- дозування попередньо заданого значення об'єму рідини або дозування в режимі «старт-стоп» і визначення при цьому величини відміряної дози, часу дозування і середнього значення витрати в процесі дозування;
- виведення результатів вимірювання у вигляді струмових, частотно-імпульсних і/або логічних сигналів;
- архівування в незалежній пам'яті результатів вимірювань і установчих параметрів
- виведення вимірювальної, діагностичної, установчої, архівної та іншої інформації на дисплей індикатора, через послідовний інтерфейс RS-232 або RS-485, а також через інтерфейс Ethernet
- можливість програмного введення установчих параметрів з урахуванням індивідуальних особливостей і характеристик об'єкта вимірювання;
- автоматичний контроль і індикація наявності позаштатних ситуацій і відмов, а також запис у відповідні журнали їх виду і тривалості;
- захист архівних і установчих даних від несанкціонованого доступу.

Технічні дані ультразвукового витратоміра ВЗЛЕТ МР

Принцип дії ультразвуковий

Приєднання в систему накладний, врізний

Діаметр Ду 10..5000 мм

Точність $< \pm 0.5\%$ потоку

Виходи даних сигнал постійного струму 4..20мА

Матеріал приладу

Температура вимірюваного середовища -30..160 ° С

Ступінь пиловологозахисту IP5'4

Інтерфейс передачі даних RS485, RS232, *Ethernet*

					<i>ПМ6118.00.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1.5.Електромагнітні витратоміри

Основні положення.

Електромагнітний метод вимірювання витрати заснована на явищі електромагнітної індукції. При протіканні електропровідної рідини по немагнітному трубопроводу, розміщеному в магнітному полі, в рідині, так як і в рухомому провіднику, наводиться ЕРС. При умові однорідності магнітного поля, ЕРС пропорційна середній швидкості руху рідини. Електрорушійна сила знімається з двох електродів, вмонтованих в трубопровід і окремих електроізолюючою втулкою. Внутрішня поверхня трубопроводу також покривається електроізолюючим шаром. Для уникнення поляризації електродів електромагнітних витратомірах використовується змінне магнітне поле.

1.5.1. Опис конструкції і схем

В електромагнітному витратомірі (рис.5) між полюсами магніту 2 розташований корпус 1 перетворювача з немагнітного матеріалу, який укритий усередині електричною ізоляцією (резиною, емаллю, фторопластом і т. ін.).

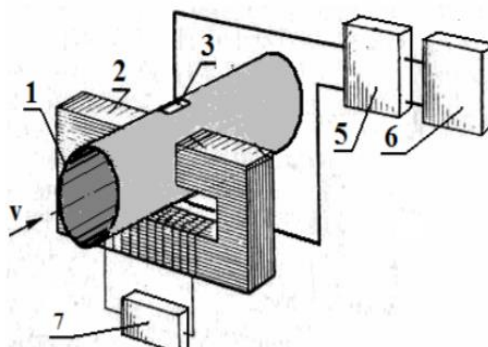


Рис. 1.5. Принципова схема електромагнітного витратоміра

Через стінку труби, в площині, перпендикулярній полюсам магніту 2 і, ізолювано від неї, введені та на її внутрішній поверхні розміщені електроди 3 і 4 (Е1 і Е2), які знаходяться в електричному контакті з рідиною (електрод 4 (Е2) на рисунку не показано). Силкові лінії магнітного поля спрямовані перпендикулярно до площини, яка проходить через вісь труби і лінію електродів. У відповідності до закону електромагнітної індукції (1.3) між електродами буде наводитись ЕРС. Джерело живлення 7 магніту створює змінне (для зведення до мінімуму поляризації електродів

E1 і E2) магнітне поле. Вимірювання наведеної ЕРС здійснюється вимірювальним перетворювачем 5 і відображається на відліковому пристрої 6. [7]

Електромагнітні витратоміри принципово придатні для вимірювання малих витрат електропровідних рідин. Але при цьому виникають деякі незручності. Зменшення швидкості руху потоку в витратомірі призводить до не вигідного співвідношення корисний сигнал – перешкода, що призводить до зниження точності вимірювання Різниця потенціалів на електродах визначається рівнянням

$$E = BDv = \frac{4BQ_o}{\pi D},$$

де, B — магнітна індукція; D -відстань між кінцями електродів, дорівнює внутрішньому діаметру трубопроводу; Q_o та v - об'ємна витрата рідини, та середня швидкість потоку.

Для реалізації такого методу витратомір повинен містити три основні блоки: Перетворювач витрати, призначеного для прямого перетворення об'ємної витрати рідини в електричний сигнал.

Вимірювальний блок, призначеного для підсилення сигналу від перетворювача витрати, індикації і перетворення його в вихідний сигнал, придатний для реєстрації та керування.

Систему збудження магнітного поля.

Електромагнітний перетворювач витрати складається з каналу з стінками із немагнітного матеріалу с великим опором. Це необхідно для зменшення вихрових струмів, що спотворюють магнітний потік.

В діаметрально протилежних стінках каналу врівень з поверхнею ізоляційного покриття вводять два електроди для знімання наведеної в рідині ЕРС. Зазвичай використовують точкові електроди з нержавіючої сталі чи інших матеріалів, стійких до впливу вимірювальної рідини.

В ролі вимірювального блока електромагнітного витратоміра використовують двухкоординатний автокомпенсатор, який перетворює корисну складову вхідного сигналу, в уніфікований вихідний сигнал постійного струму 0-5мА.

					ПМ6118.00.ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Система збудження магнітного поля складається з котушок і магнітопроводу та має забезпечувати заданий характер розподілення магнітного поля в каналі перетворювача.

При вимірі витрат розплавлених металів використовують постійне магнітне поле. Для виміру витрат звичайних рідин з іонною провідністю для запобігання поляризації електродів використовують змінне магнітне поле, створене електромагнітами.

Інколи вимірювальні прилади електромагнітних витратомірів постачають шкалою витрати або шкалою і реєструючим пристроєм.

В первинном перетворювачі, окрім ЕРС пропорційній витраті, є трансформаторна ЕРС. Трансформаторна ЕРС наводиться змінним полем електромагніта у витку, який складається з електродів, рідини, з'єднувальних проводів і навантажень, так само як і в вторинній обмотці трансформатора. В той час як корисна ЕРС E пропорційна вимірювальній об'ємній витраті і знаходиться у фазі з током, живлячим електромагніти, трансформатора ЕРС E_T індуктується змінним магнітним полем, не залежить від швидкості і витрати рідини і зміщена по фазі відносно живлячого тока на кут $\pi/2$.

У зв'язку з незначною величиною знімаючого з електродів сигналу (1.5-4 мВ) електромагнітні витратоміри мають бути ретельно захищені від зовнішніх перешкод, в частності від полів, визваних електрозварюванням. Захист досягається як застосуванням раціональної схеми, так і шляхом «экранирования»

Електромагнітний метод дозволяє вирішувати питання вимірювання витрати в тих випадках, коли більшість других методів виявляються непридатними. Це вдається завдяки ряду його принципових особливостей.

Основні з них наступні:

- Відсутність будь-яких звужень чи других опорів в вимірювальному каналі
- Відсутність в первинному перетворювачі рухомих деталей і деталей, що труться

- Втрати тиску і ймовірність засмічування не вище, ніж в магістральному трубопроводі з діаметром, рівним діаметру проходу первинного перетворювача.
- Можливість вимірювання витрати рідини, що містять механічні домішки і пульпи.
- Незалежність показів від в'язкості, густини, характеру потоку (ламінарний чи турбулентний), а також епюри швидкостей..

Підтримка високих швидкостей рідини зв'язано зі зменшенням діаметру проходу і збільшенням втрати тиску. Для забезпечення вимірювання малих витрат рідини приймаються спеціальні заходи. [16]

1.5.2. Витратоиміри зі сталим магнітним полем

Постійне магнітне поле має багато переваг:

- відносну простоту пристрою магнітної системи;
- відсутність численних перешкод, що виникають при застосуванні змінного магнітного поля;
- принципову можливість вимірювання витрати речовин з низькою електричною провідністю.

Але такого полю властивий суттєвий недолік - поляризація електродів, що вносить значні похибки у значення ЕРС на електродах. У зв'язку з цим витратоміри із сталим магнітним полем використовують при вимірюваннях витрат рідких металів та пульсуючих потоків, коли поляризація не встигає зробити суттєвого впливу.

Електромагнітний витратомір є по суті генератором, у якому провідником, що рухається в магнітному полі, служить електропровідна рідина. Провідність рідини повинна бути не нижчою за $10^{-5} \dots 10^{-6}$ См /м і не вищою за 10 См/м.

1.5.3. Витратоміри зі змінним магнітним полем

При змінному магнітному полі поруч з корисним сигналом

$$E = 4B_{max}Q_o \sin \frac{2\pi f t}{\pi D}$$

виникає паразитна трансформаторна ЕРС.

					ПМ6118.00.ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$E = -S \left(\frac{dB}{dt} \right) = -2\pi f S B_{max} \cos 2\pi f t$$

Ініційована в контурі площею S , викликаним електродом, вивідними дротами та вимірювальним пристроєм. Чим більша f і площа S контуру, перпендикулярного до магнітного поля, тим більша ЕРС. Є декілька методів боротьби з шкідливим впливом трансформаторної ЕРС. Один з них заснований на зменшенні площі S шляхом розташування площини витку, створеного провідниками, що йдуть від електродів паралельно силовим лініям магнітного поля.

При змінному магнітному полі електрохімічні процеси роблять менший вплив, ніж при постійному. Для боротьби із завадами від зовнішніх електричних ланцюгів застосовують екранування, а для виключення індукційної похибки використовують дві пари індукторів магнітні поля яких протилежно спрямовані, що приводить до компенсації додаткової ЕРС взаємоіндукції.

Змінне магнітне поле викликає появу вихрових струмів Фуко в магнітопроводі, в стінках трубопроводу та в вимірюваній рідині. При невеликій товщині стінки і рідини з іонною провідністю, вихровими струмами можна знехтувати. Вихрові струми зростають зі збільшенням товщини стінки і можуть вплинути на покази витратоміру в результаті створення цими струмами свого власного магнітного поля, який буде послаблювати основне магнітне поле, і в результаті збільшення фазового зсуву між корисним сигналом і струмом.

[8,15]

1.6.Опис електромагнітних витратомірів

Опис електромагнітного витратоміру SMAG 103 M Series

Принцип дії електромагнітний

Приєднання в систему фланцеве

Діаметр Ду 15 .. 2000 мм

Температура вимірюваного середовища -25 .. 80 ° С

Тиск до 40 бар

Футеровка політетрафторетилен(тефлон), гума

					ПМ6118.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Точність 0.5%

Електрод хастеллой С

Ступінь пиловологозахисту IP67

Інтерфейс передачі даних RS485, HART

Електромагнітний витратомір використовується для вимірювання витрати струмопровідних рідин і стічних вод. Вимірювання не залежить від щільності, в'язкості, температури та тиску. Провідність рідини повинна бути більше 5 мкСм /см. Витратомір неможна використовувати для рідин, що несуть тверді тіла високої щільності. Даний прилад не створює перешкод потоку рідини, але для коректності його роботи, необхідно забезпечити прямі ділянки труби до і після приладу.

Збудження магнітного поля виконується контрольованими прямокутними імпульсами низької частоти. Це підвищує стабільність роботи і знижує енергоспоживання. У витратомірі використовується 16-розрядний мікропроцесор, що прискорює обробку і підвищує точність. Імпульсне джерело живлення працює в широкому діапазоні напруг.

Прилад вимірює витрату в двох напрямках. Завдяки трьом внутрішнім лічильникам можливо відобразити об'єм в прямому напрямку, в зворотньому і різницю об'ємів у обох напрямках. Додатково є можливість зв'язку через інтерфейс RS485 по протоколу MODBUS. HART (при сигналі $4 \div 20$ мА).

Багатофункціональний інтелектуальний перетворювач сигналу давача має функцію самодіагностики та самоперевірки. При відключенні живлення налаштування і значення лічильників можуть зберігатись у внутрішній пам'яті.

Галузь використання

- мул і вода (неочищена, питтєва та відходи)
- Контроль відходів
- Вимірювання промислових технологічних вод (хімічна, паперова, дубильна, фармацевтична, харчова промисловості)
- Контроль дозування хімічної речовини
- Енергетична промисловість
- Добувна промисловість

					ПМ6118.00.ПЗ	Лист
						20
Ізм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

- Охорона навколишнього середовища [19]

Опис електромагнітного витратоміру Siemens Sitrans F M MAG 1100 FOOD (витратомір MAGFLO):

Принцип дії електромагнітний

Приєднання в систему перехідники зварні, затискні і різьбові \ n-переходники Діаметр Ду 10 .. 100 мм

Температура вимірюваного середовища -30 .. 150 ° C

Тиск до 40 бар

Футеровка кераміка Al₂O₃, PFA

Точність 0.25% (з перетворювачем MAG 6000), 0.5% (перетворювач MAG 5000)

Електроди платина, хастеллой

Ступінь пиловологозахисту IP67

Принцип вимірювання електромагнітних датчиків витрати заснований на законі Фарадея про електромагнітної індукції, а саме: в провіднику, який переміщається в електромагнітному полі, виникає електрорушійна сила (ЕРС). Ця ЕРС пропорційна швидкості переміщення провідника. Струм, викликаний ЕРС, називається індукційним струмом. Протікаючи по трубопроводу провідна рідина є, в даному випадку, провідником. В електромагнітному витратомірі є: джерело електромагнітного поля (котушки) і електроди, що передають індукційний струм в блок електроніки. За величиною струму судиться про величину витрат провідної рідини. Тип вимірюваного середовища - будь-яка провідна рідину (провідність більше 5 мкСм / см).

Регулятор потоку MAGFLO складається з датчика витрати MAG 1100 Food і електронного перетворювача сигналів MAG 5000 або MAG 6000.

Вимірювальні перетворювачі MAGFLO Siemens MAG 5000 і MAG 6000 обробляють вхідні сигнали від електромагнітного датчика витрати і забезпечують функцію блоку живлення котушки індуктивності в електромагнітному датчику витрати.

					ПМ6118.00.ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Перетворювачі MAGFLO MAG 5000 і MAG 6000 легко налаштовуються за допомогою системи меню на декількох мовах з використанням вбудованих клавіатури і дисплея, мають пропорційні витраті вихідні сигнали (струмові і частотно-імпульсні), а також програмований релейний вихід. Всі електромагнітні витратоміри MAGFLO мають блок пам'яті SENSORPROM, в якому зберігаються калібрувальні дані датчика і установки перетворювача сигналів протягом всього терміну експлуатації приладу. При використанні блоку SENSORPROM витратомір MAGFLO запускається в експлуатацію без початкового програмування. Узгоджені заводські установки датчика зберігаються в блоці SENSORPROM. Установки, визначені користувачем, також завантажуються в блок SENSORPROM. Якщо перетворювач сигналу повинен бути замінений, то новий перетворювач буде завантажений усіма попередніми установками і підсумковими вимірами без будь-якої потреби в програмуванні.

Основні особливості

- Просте введення в експлуатацію завдяки вбудованому енергонезалежному блоку пам'яті SENSORPROM
- Функція дозування (MAG 6000)
- Можливість комунікації HART (MAG 5000 230B) і Profibus PA, DP, Modbus RTU / RS485, Foundation Fieldbus (MAG 6000)
- 2 суматора, журнал помилок
- Дисплей та російськомовне меню

Опис електромагнітного витратоміра Siemens Sitrans F M MAG 1100:

Принцип дії електромагнітний

Приєднання в систему безфланцевий сендвіч

Діаметр Ду 2 .. 100 мм

Температура вимірюваного середовища -20 .. 200 ° С

Тиск до 40 бар

Футеровка кераміка Al₂O₃

					<i>ПМ6118.00.ПЗ</i>	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Точність 0.25% (з перетворювачем MAG 6000), 0.5% (перетворювач MAG 5000)

Електроди платина

Ступінь пиловологозахисту IP67

Електромагнітний витратомір Siemens SITRANS F M MAGFLO MAG 1100- це вимірювальний датчик з компактною сендвіч-конструкцією для вимірювання витрати в різних галузях промисловості. Регулятор потоку Sitrans MAGFLO складається з датчика витрати MAG 1100 і електронного перетворювача сигналів MAG 5000 або MAG 6000.

Електромагнітний витратомір mag 1100 легко налаштовується за допомогою системи меню з використанням вбудованих клавіатури і дисплея, датчики мають пропорційні витраті вихідні струмовий і частотно-імпульсний сигнали, а також програмований релейний вихід. Регулятор потоку mag 1 100 MAGFLO 7ME6110 може мати дозувальні функції і спеціальний блок очистки електродів.[9]

Технічні дані перетворювачів сигналу

MAG 5000

Точність 0.5% від вимірюваного значення

Вихідні сигнали струмовий вихід, цифровий вихід, релейний вихід

Температура експлуатації -20 ... 50 ° C (з дисплеєм),

Індикація алфавітно-цифровий дисплей 3x20 символів для відображення дійсного витрати, сумарних значень, установок, несправностей з фоновим підсвічуванням

Живлення 12- 24 В AC / DC, 115- 230 В AC

Ступінь пиловологозахисту IP67 (компактна версія) / IP20 (для монтажу в стійку)

Комунікація HART (тільки 230В)

MAG 6000

Точність 0.25% від вимірюваного значення

Вихідні сигнали струмовий вихід, цифровий вихід, релейний вихід

Температура експлуатації -20 ... 60 ° C (без дисплею)

					<i>ПМ6118.00.ПЗ</i>	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Індикація алфавітно-цифровий дисплей 3х20 символів для відображення дійсного витрати, сумарних значень, установок, несправностей з фоновим підсвічуванням Живлення 12- 24 В АС / DC, 115- 230 В АС
 Ступінь пиловологозахисту IP67 (компактна версія) / IP20 (для монтажу в стійку)
 Комунікація Profibus PA, DP, Modbus RTU / RS485, Foundation
 Fieldbus [10]

2. Розробка та вибір вимог до характеристик приладу

2.3.Вимоги до характеристики об'єкту конструювання

- Метод вимірювання
- Точність прибору
- Діаметр трубопроводу
- Температура вимірювального середовища
- Внутрішній тиск
- Тип приєднання в систему
- Ступінь пиловологозахисту
- Живлення
- Вихідний сигнал 4..20мА
- Дисплей
- Діапазон швидкості потоку
- Частота вимірювання
- Матеріал витратоміра

2.4.Вибір і обґрунтування оптимальних технічних рішень

Виходячи с попереднього пункту, створено вимоги до вимірювального приладу

- Метод вимірювання ультразвуковий, одноканальний
- Точність прибору

Оскільки об'єм фарби в ємності може коливатись в діапазоні $\pm 0.7\%$ від заявленого, що становить близько 3л, немає потреби в приладі з точністю більше 0.5%

					ПМ6118.00.ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Діаметр трубопроводу рівний 1 дюйм, що становить 25.4мм
- Температура вимірювального середовища коливається від 16 до 23 °С
- Пневматичний насос працює в діапазоні 2 - 9 бар, тому внутрішній тиск становить максимум 9 бар
- Тип приєднання в систему врізний
- Ступінь пиловологозахисту IP65
- Живлення 24В постійного струму
- Вихідний сигнал 4..20мА
- Дисплей
- Діапазон швидкості потоку 0.5-2л/сек
- Вологість повітря 65%
- Температура навколишнього середовища 24 °С
- Матеріал корпусу витратоміра нержавіюча сталь, через те, що вимірювальне середовище агресивне.

3. Розробка структурної схеми

3.3.Випромінювання та приймання ультразвуку

Ультразвукові коливання збуджуються різними способами. У відповідності до цього розроблені і використовуються різні типи випромінювачів ультразвуку: механічні, електродинамічні, магнітострикційні, п'єзоелектричні та інші. В ультразвукових витратомірах для випромінювання та приймання використовують тільки п'єзоелементи з кварцу або ж з кераміки, титаніту, барію або ж з інших синтетичних п'єзокристалічних матеріалів.

Принцип дії п'єзоелементів заснований на п'єзоелектричному ефекті, який полягає в тому, що при стисненні і розтягуванні в певних напрямках деяких кристалів на їх поверхні виникають електричні заряди. П'єзоефект є зворотнім – якщо прикласти до цих поверхонь електричну напругу, то кристал, відповідно, розтягнеться чи стиснеться. Таким чином, механічні коливання перетворюються в змінну напругу (п'єзоприймач – прямий п'єзоефект), а змінна електрична напруга

					ПМ6118.00.ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

перетвориться в механічні коливання з тією ж частотою(п'єзовипромінювач – зворотній п'єзоефект).

Ультразвукові хвилі можуть випромінюватись і поширюватись в неперервному режимі, у вигляді пакетів коливань різної тривалості і прогальності і у вигляді коротких імпульсів.

Зміна розмірів п'єзоелектричної пластини пропорційна прикладеній напрузі

$$\Delta s = d\Delta E;$$

де, E - напруга на п'єзоелементі, S – розмір пружної деформації.

Коефіцієнт пропорційності d називається п'єзоелектричним модулем.

В змінному п'єзоелементі амплітуда змінного електричного струму пропорційна деформації, тиску або ж квадратному кореню з інтенсивності падаючої ультразвукової хвилі

$$\Delta E = h\Delta s;$$

Коефіцієнт h називається п'єзоконстантою по деформації.

Ефективність випромінювача збільшується зі зростанням d . Між d і h існує залежність

$$h = \left(\frac{E_{\text{ю}}}{\varepsilon \varepsilon_0} \right);$$

де, $E_{\text{ю}}$ – модуль Юнга, ε – діелектрична проникність; ε_0 – електрична проникність вільного простору. Тож чим більший коефіцієнт d , тим більша п'єзоконстанта h .

Поширюючись у середовищі, ультразвукові хвилі слабшають і відбувається затухання ультразвукових коливань. Причиною затухання є поглинання енергії ультразвукових коливань в однорідному середовищі завдяки опору тертя(в'язкості), теплопровідності, розсіювання ультразвуку на твердих частинках, газових бульбашках і інших неоднорідностях, що контролюються в середовищі.

Згасання ультразвукової хвилі зазвичай відбувається по експоненційному закону

$$A_x = A_0 e^{-\sigma x}; I_x = I_0 e^{-2\sigma x};$$

Стала σ називається коефіцієнтом згасання амплітуди коливань.

3.4.Схема вимірювання

В час-імпульсних схемах, короткі імпульси електричних коливань високої частоти від окремих генераторів подаються на випромінюючі п'єзоелементи і перетворюються в ультразвукові імпульси. Пройшовши через контрольоване середовище і звукопроводи, ці імпульси потрапляють на приймальні п'єзоелементи. Прийняті електричні імпульси викликають повторний запуск цих генераторів.

В частотних схемах на випромінюючі п'єзоелементи обох каналів подається неперервні електричні коливання високої частоти. Коливання, що потрапили на п'єзоелементи, після перетворення закривають відповідні генератори і випромінювання припиняється. Після закінчення потраплянь коливань на приймальні п'єзоелементи, генератори знову відкриваються і цикл поновлюється.

При цьому методі вимірювання забезпечується неперервне повторення процесу надсилання імпульсів по потоку частотою

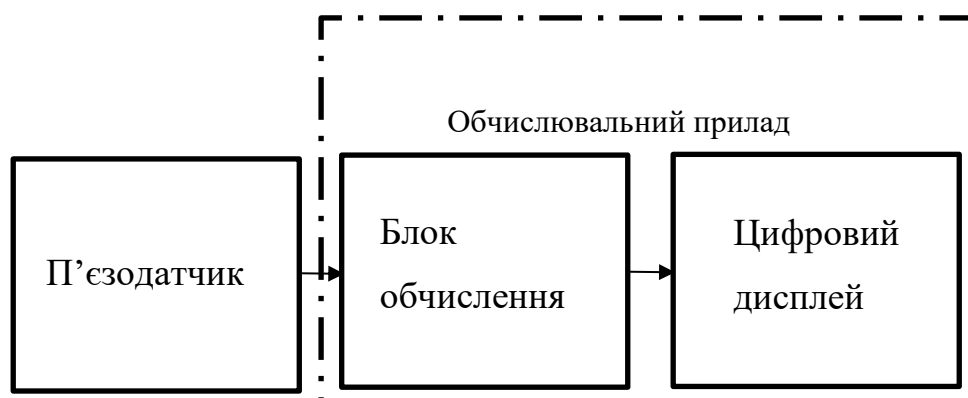


Рис.1.6 Спрощена структурна схема витратоміра

Під час руху рідини в трубопроводі ультразвукова хвиля зсувається, що призводить до зміни часу поширення ультразвукового сигналу між випромінювачем та приймачем. При цьому, час, за який сигнал проходить за течєю, та проти різний.

Таким чином, визначивши різницю часу, обробивши цю інформацію за допомогою мікроконтролера, є можливість визначити швидкість руху рідини, та обчислити витрату.

3.5. Вибір мікроконтролера.

Під час проведення моніторингу ринку мікропроцесорних систем було розглянуто декілька варіантів побудови.

Перший варіант, містить в собі наступні компоненти: мікроконтролер, час-цифровий перетворювач, формувач рівнів. Зв'язок компонентів через SPI інтерфейс.

Високочастотні коливання, >20 кГц, з випромінювача В1 проходять через рідину, та потрапляють на приймач сигналу П2, Наступним кроком коливання поступають на випромінювач В2, а приймається П1, тобто датчики змінивши свої функції, видають різний час. Отримані сигнали через формувач рівнів потрапляють в «час – цифровий» перетворювач, а далі через шину SPI в мікроконтролер. В мікроконтролері виконується обробка сигналів. Потім для обробки і виводу інформації на екран приладу, та передачі на верхній рівень. Вся схема живиться стабілізованою напругою 3.3 В, постійного струму. Зв'язок між блоками реалізований за допомогою SPI інтерфейсу.

SPI (*Serial Peripheral Interface, SPI bus* — послідовний периферійний інтерфейс, шина SPI) — фактичний послідовний синхронний повнодуплексний стандарт передачі даних, розроблений фірмою Motorola для забезпечення простого сполучення мікроконтролерів та периферії.[33]

SPI також називають чотирьох-провідним (англ. four-wire) інтерфейсом. На відміну від стандартного послідовного порту, SPI є синхронним інтерфейсом, в якому кожна передача синхронізована з тактовим сигналом, що генерується ведучим пристроєм (мікроконтролером). [33]

Периферійний пристрій синхронізує отримання бітової послідовності з тактовим сигналом. До одного послідовного периферійного інтерфейсу ведучого мікроконтролера можна під'єднати декілька мікросхем.[33]

Головний пристрій вибирає ведений пристрій, активуючи сигнал «вибір кристалу» (англ. chip select) на потрібній мікросхемі. Інші пристрої, що не вибрані ведучим, не беруть участі в передачі по SPI. [33]

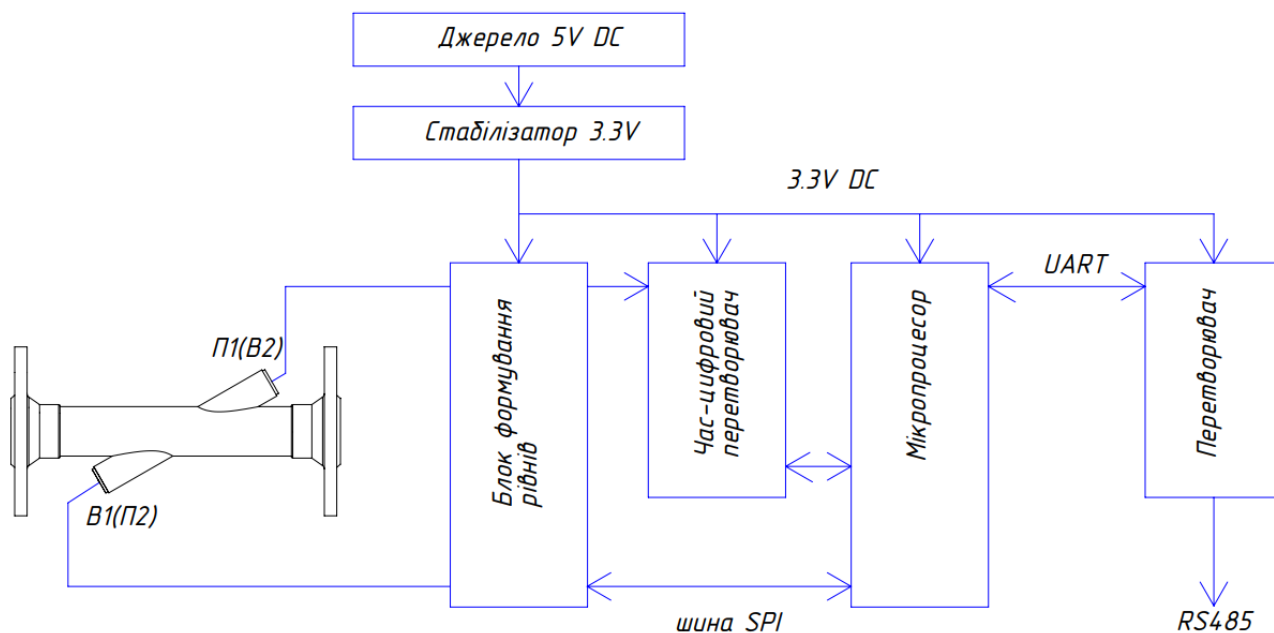


Рис. 1.8 структурна схема витратоміра

Другий варіант

Набір EVM430-FR6047 від Texas Instruments

це платформа для реалізації системи ультразвукового вимірювання. MSP430FR6047 MCU - це прилад який має дуже низьке споживання енергії. з інтегрованим модулем для аналогових ультразвукових датчиків (USS), для точних ультразвукових вимірювань. [242]

Пристрій також включає прискорювач для обробки сигналу (LEA) для оптимізованої обробки сигналу, що допомагає оптимізувати енергію для більш тривалого часу роботи акумулятора. EVM пропонує гнучке рішення, що дозволяє інженерам швидко оцінювати та розробляти MCU MSP430FR6047 з різноманітними перетворювачами від 50 кГц до 2,5 МГц. EVM має можливість відображати параметри вимірювання за допомогою вбудованого дисплея та має роз'єми для RF модулів зв'язку. [20,22]

Технологія LEA - прискорювач для обробки сигналу, який має мале споживання енергії. LEA може виконувати еквівалентну операцію, що може використовувати традиційний MCU, але набагато ефективніше.[20]

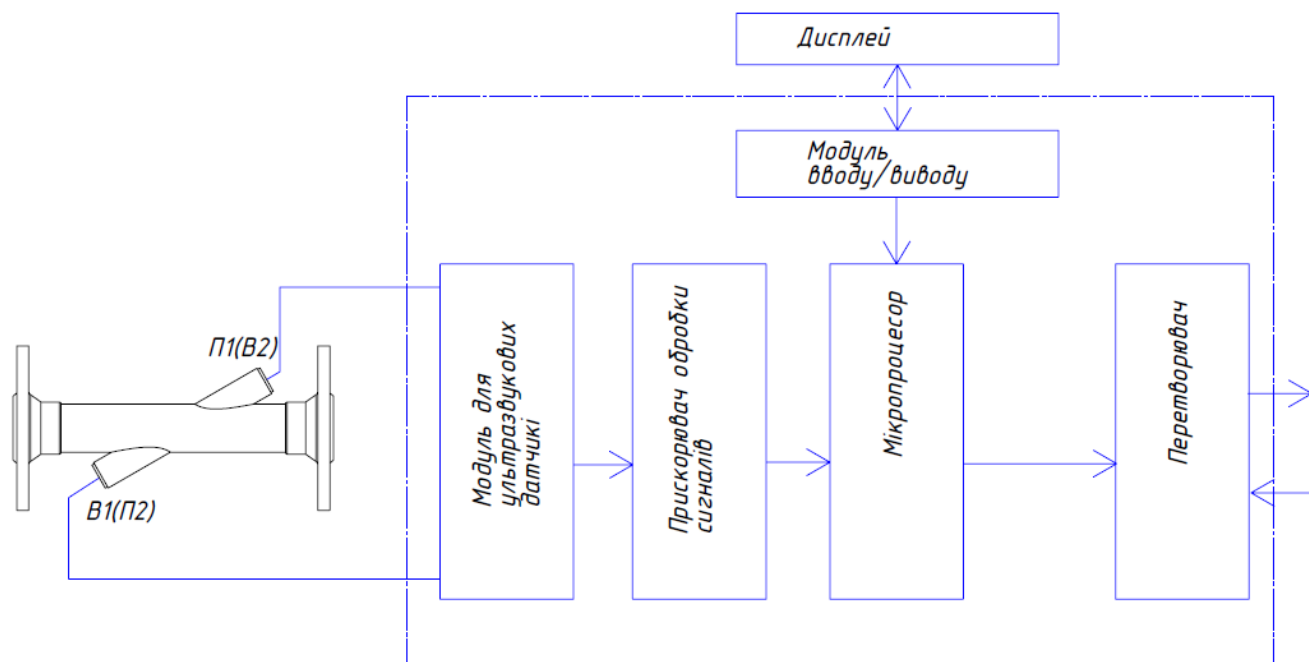


Рис. 1.9 Принципова схема з використанням LEA

Перший варіант передбачає побудову системи з багатьох компонентів, що приводить до зменшення надійності системи. Тому було прийнято рішення побудувати систему вимірювання на базі набору від Texas Instruments - MSP430FR6047 Ultrasonic Sensing Evaluation Module [20]

3.6. Пристрій і принцип дії

Ультразвукові датчики працюють за допомогою взаємодії коливань ультразвуку з вимірюваним простором. Ультразвукові коливання - це механічні коливання, які відбуваються з частотою вище 20000 герц. [25]

Параметри середовища впливають на поширення таких коливань в газоподібних, рідких і твердих середовищах. Швидкість передачі коливань для газів дорівнює 200-1300 метрів в секунду, для твердих тіл 1500-8000 м / с, для рідких речовин 1100-2000 м / с. Швидкість коливань значно залежить від тиску газу. [25]

Коефіцієнти відбиття хвиль ультразвуку та здатність поглинання звуку відрізняються на межах різних середовищ. Тому ультразвукові датчики використовують для отримання інформації про різні неелектричні параметри за

допомогою вимірювання властивостей коливань ультразвуку: зсуву фаз, часу загасання, поширення коливань. [25]

Оскільки збудження та прийом коливань здійснюється за допомогою електрики, ультразвукові способи вимірювання є електричними. Найчастіше в датчиках застосовують п'єзоелементи, перетворювачі магнітострикційного виду.[25]

Для збудження коливань ультразвукової частоти застосовується ефект розтягування і стиснення п'єзокристалу, званий зворотним п'єзоефектом. Тому п'єзоелемент застосовується як в якості приймача коливань, так і в якості випромінювача.

Випромінювачі магнітострикційного виду застосовують ефект деформації феромагніту в магнітному полі. Випромінювач стрижневого виду виконаний у вигляді тонких листів феромагнетика, на якому намотана котушка збудження. [25]

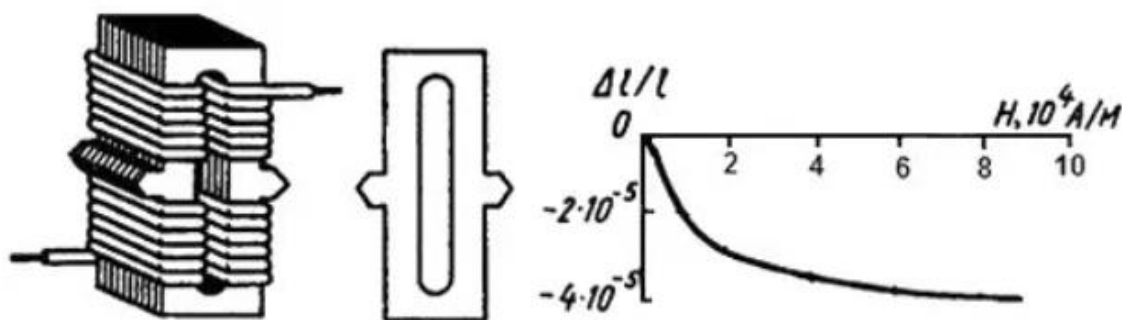


Рис. 1.10 Випромінювач магнітострикційного виду

Магнітострикційні випромінювачі в основному виготовляють з сплавів нікелю, фериту. При знаходженні феромагнітного стрижня в змінному магнітному полі, він буде розтискати, і стискатися з частотою поля. На малюнку показана залежність зміни (відносного) довжини стержня від напруженості поля H . [25]

Щоб отримати значні механічні деформації застосовують підмагнічування стрижня. Магнітострикційні випромінювачі діють в умовах резонансу, що визначаються за формулою:

$$f = \frac{l}{2t} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Де l - довжина стрижня, E - модуль пружності, ρ - щільність.

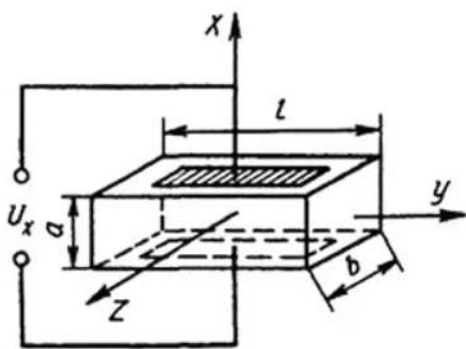


Рис. 1.11 Випромінювач на основі п'єзoeлементa

У випромінювачі на основі п'єзoeлементa застосовується кварцова пластина, до якої підключено змінну напругу U_x , що утворює електричне поле по осі X. [25]

Зворотний ефект полягає в деформації пластини по осі X.

Відносна зміна розміру пластини (товщини):

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{k U_x}{a};$$

Поперечний ефект полягає в деформації пластини по осі Y. Відносна зміна товщини пластини одно:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{k U_x}{a}; [25]$$

Повздовжня деформація не залежить від розмірів пластини. Зі збільшенням відношення l/a , збільшується поперечна деформація. При різниці потенціалів до 2500 вольт є пряма залежність деформації і напруги. Деформація підвищується не так інтенсивно при високій напрузі. Коли частота коливань пластини і частота напруги збігаються, амплітуда коливань доходить до максимального значення. [25]

Частота поздовжніх коливань обчислюється:

$$f = \frac{l}{2t} \sqrt{\frac{E_x}{\rho}};$$

Модуль пружності визначається по осі X. Модуль пружності по осі Y впливає на частоту поперечних коливань:

$$f = \frac{l}{2t} \sqrt{\frac{E_x}{\rho}}; [25]$$

Якщо порівняти два розглянутих типу випромінювачів, то можна зробити висновок, що п'єзoeлектричні випромінювачі можуть забезпечити більшу частоту коливань ультразвуку. [25]

Розглянемо роботу датчика за часом проходження сигналу. Обробка відбитого сигналу здійснюється в тій же точці, звідки і випромінюється. Такий метод є безпосереднім виявленням. [25]

Ультразвукові датчики в момент часу T_0 випромінюють сигнал (деякий набір імпульсів) тривалістю Δt , що поширюється в середовищі зі швидкістю звуку c . При досягненні об'єкта сигналом, частина його відбивається і повертається в приймач за час T_1 . Схема електронного пристрою, призначена для обробки сигналу, визначає відстань, обчислюючи час $T_1 - T_0$. [25]

Для визначення відстані може використовуватися схема з однією або двома головками датчика. У випадку з двома головками, одна з них випромінює сигнал, а друга приймає відбитий сигнал. [25]

3.7. Ультразвукові датчики з одного головкою

Ця схема має значний недолік. Після видачі сигналу необхідно час для заспокоєння мембрани для подальшої роботи на прийом відбитого сигналу. Цей період часу називають «мертвим» часом. [25]



Рис. 1.12 схема датчика безпосереднього виявлення

“Мертвий” час змушує ультразвукові датчики працювати в «сліпій зоні».

Якщо об'єкт розташований дуже близько, то відбитий сигнал повертається в вимірювальну головку дуже швидко і вона ще не налаштувалась на роботу прийому. Як наслідок - об'єкт не виявляється. [25]

Тривалість процесів переходу від випромінювача до приймача залежить від різних чинників, якими є: особливості пристрою датчика, матеріал виготовлення, внутрішнє згасання, загальна коливається маса. [25]

На рис.1.12 зображено схема функціонування датчика безпосереднього виявлення. За допомогою імпульсу запуску схема збудження випромінювача стає активною. Вона формує певний набір імпульсів. Тим же імпульсом запуску проводиться блокування входу підсилювача приймача. При відключенні випромінювача відбувається розблокування приймача. [25]

Відновлення приймача триває близько 300 мкс. Це менше часу заспокоєння випромінювача. І як результат, параметри приймача не впливають на розмір сліпої зони.

При знаходженні об'єкта з необхідною здатністю відображення в контрольованій зоні, відбитий сигнал збуджує на мембрані змінну напругу високої частоти, яка обробляється методами виявлення сигналів аналогового типу.[25]

Коли напруга перевищує задане значення порога виявлення, це означає, що об'єкт знаходиться в контрольованій зоні. Проміжок часу, що пройшов з моменту включення випромінювача, фіксується схемою електронного пристрою і створює на виході електричний сигнал. Довжина цього сигналу залежить від розміру цього інтервалу часу, і передається на цифровий індикатор. [25]

Схема управління після реєстрації першого сигналу відображення затримує створення наступного пускового імпульсу. При цьому вона очікує ймовірного приходу відбитого сигналу від найбільш віддалених об'єктів в контрольованій зоні. [25]

3.8.Ультразвукові датчики з двома головками

Істотно скоротити сліпу зону можна шляхом використання двох різних головок датчика для приймача і випромінювача. При цьому необхідно створити найбільшу

					<i>ПМ6118.00.ПЗ</i>	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

чутливість схеми правильним вибором однаковою частоти резонансу для приймача і випромінювача. [25]

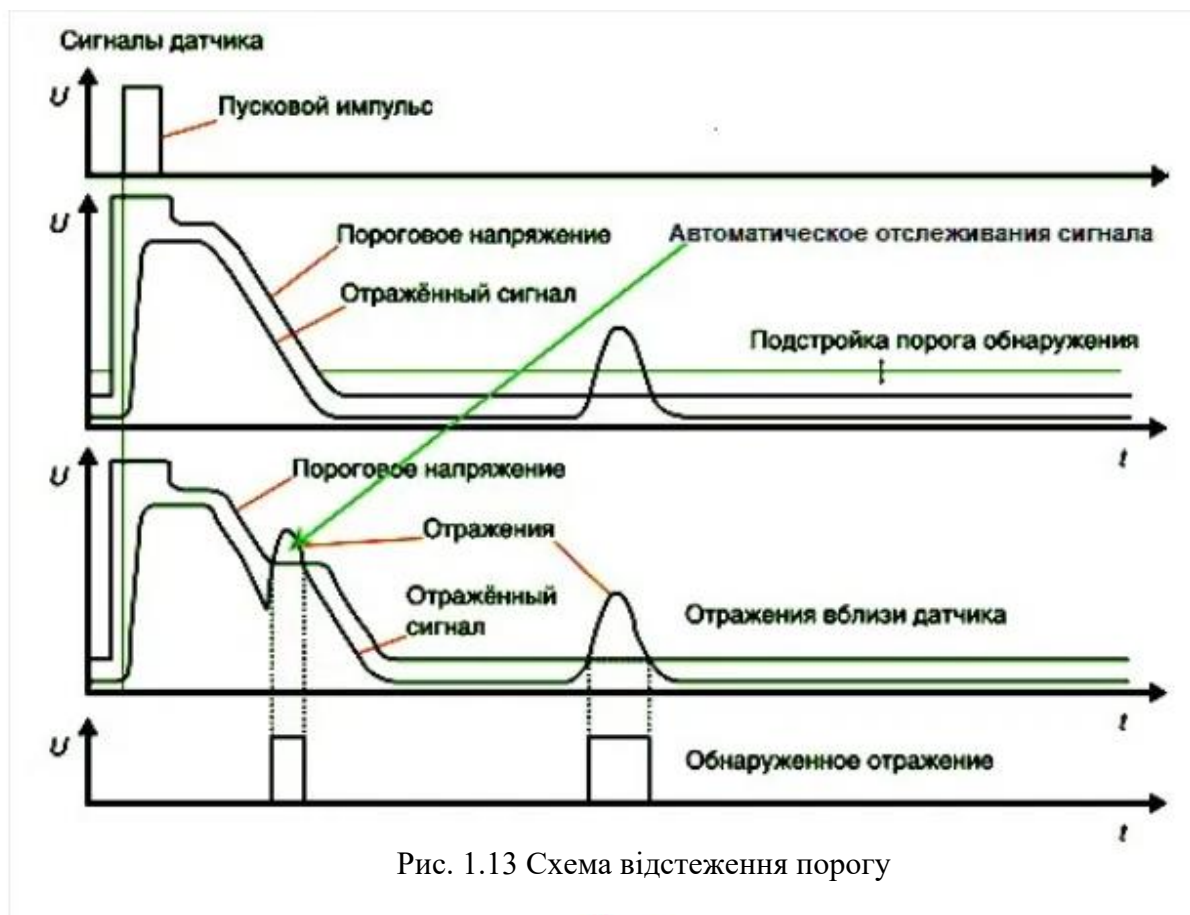
3.9. Відстеження порогу

Розмір сліпої зони є важливим параметром ультразвукового датчика, який визначає його успіх використання. [25]

Для таких цілей виористовується метод відстеження порога виявлення.

На малих відстанях, протягом процесу переходу, сигнал встигає багато разів пройти шлях між об'єктом і сенсором. Точність виявлення значно зменшується внаслідок спотворень, які вносить сигнал з багаторазовим відображенням. Похибка цього методу зростає з наближенням до об'єкта. [25]

Це змушує знайти компроміс між точністю вимірювання, помилкової тривоги і чутливістю виявлення. На рис 1.13 показаний спосіб відстеження порога виявлення.



Напруга порога детектора, яке подається на компаратор, створюється напругою, що змінюються в часі і копіюють форму «хвоста» набору імпульсів, що одержали під час загасання коливань мембрани.[25]

Проблема полягає в тому, що детектору невідомо який з відображених сигналів перейшов кордон порога виявлення. За малюнком видно, що другий з відбитих сигналів виявився зареєстрованим. Це призвело до визначення відстані величиною, що перевищує дійсну величину в два рази. Таку ситуацію можна допускати, тому датчики підлягають налаштуванням, щоб уникнути попадання об'єктів в сліпу зону.[25]

4. Розробка математичної моделі витратоміра

Тривалість розповсюдження ультразвукової хвилі за рухом потоку визначається за формулою

$$t_d = \frac{L}{c + V \cos \theta}; \quad (1.1)$$

Аналогічно визначається тривалість розповсюдження ультразвукової хвилі проти руху потоку

$$t_u = \frac{L}{c - V \cos \theta}; \quad (1.2)$$

де, c – швидкість звуку;

V – швидкість потоку рідини;

L – відстань між давачами;

θ – кут між напрямком потоку та лінією між давачами;

Різниця між часом поширення ультразвукової хвилі за та проти потоку знаходиться за формулою

$$\Delta t = t_u - t_d = \frac{L}{c - V \cos \theta} - \frac{L}{c + V \cos \theta} = \frac{2VL \cos \theta}{c^2 - V^2 \cos^2 \theta} = \frac{\frac{2VL \cos \theta}{c^2}}{1 - \left(\frac{V}{c}\right)^2 \cos^2 \theta}; \quad (1.3)$$

Оскільки відношення швидкості потоку до квадрату швидкості поширення ультразвуку у середовищі менше за 1

$$V \ll c \Rightarrow \left(\frac{V}{c}\right)^2 \approx 0 \ll 1, \quad (1.4)$$

ним можна знехтувати, отже

$$\Delta t \approx \varphi \frac{2VL \cos \theta}{Fc^2} Q, (1.5)$$

де, F – площа перерізу потоку, φ – коефіцієнт розподілу швидкості за перерізом потоку.[2,16,23]

5. Розрахунок параметрів трубопроводу

Матеріал трубопроводу – сталь AISI 304

Зовнішній діаметр труби $D_3 = 36$

Внутрішній діаметр труби $D_b = 24$

Допуск до товщини труби $c_{11} = 0,25\text{мм}$

Надбавка на корозію $c_{12} = 1\text{мм}$

Тиск в трубі $P = 2.5\text{МПа}$

Допустима напруга $\sigma = 515\text{МПа}$

Розрахунок товщини стінки відбувається за наступною формулою:

$$x_s = \frac{(D_3 - D_n)}{2} (1.6)$$

$$x_s = \frac{(36 - 25)}{2} = 5.5\text{мм};$$

Сумарна надбавка до товщини стінок знаходиться за формулою

$$C_0 = c_{11} + c_{12}, (1.7)$$

$$C_0 = 0.25 + 1 = 1.25\text{мм}$$

Розрахунков товщина стінок труби знаходиться за формулою:

$$S_R = \frac{PD_3}{2\sigma + P} + C_0, (1.8)$$

$$S_R = \frac{2.5 * 36}{2 * 515 + 2.5} + 1.25 = 0,33$$

Коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою

$$k = \frac{x_s}{S_R}, (1.9)$$

$$k = \frac{5.5}{1.33} = 4,13$$

Оскільки коефіцієнт $k > 1$, то трубопровід має достатньо запасу міцності. [31]

6. Моделювання потоку фарби у CAD/CAE SolidWorks

SolidWorks – продукт компанії SolidWorks Corporation, САПР, інженерного аналізу та підготовки виробництва будь-якої складності та призначення.

SolidWorks є ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу. Також можливе отримання графічних відображень фізичних процесів у виробі.

SolidWorks є конструкторською системою твердотільного параметричного моделювання машинобудівних конструкцій спеціально розробленою для використання на персональних комп'ютерах під управлінням операційної системи Windows.

Стандартний графічний користувальницький інтерфейс Windows і засоби твердотільного параметричного моделювання дозволяють швидше і легше ніж будь-коли створювати тривимірні моделі деталей, складальні одиниці, генерувати креслення, значно знижуючи терміни проектування і зменшуючи час виходу виробів на ринок.

Побудова спрощеної конструкції ультразвукового витратоміра.

За допомогою програми SolidWorks побудовано 3D модель ультразвукового витратоміра.

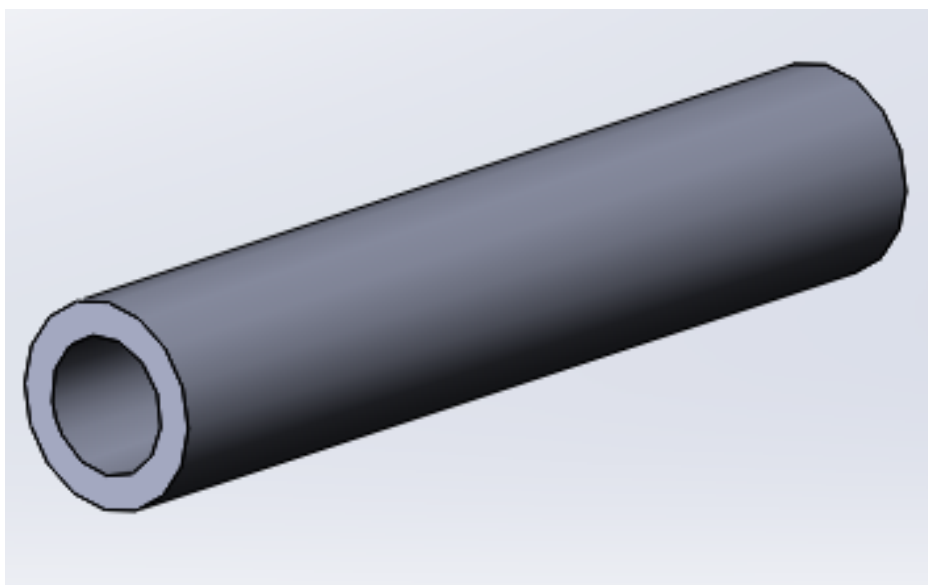


Рис.1.14 Корпус

					<i>ПМ6118.00.ПЗ</i>	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Спочатку створюємо корпус (Рис.1.14). Він впливатиме на характер потоку, оскільки всередині має не звичайну форму(Рис.1.15).

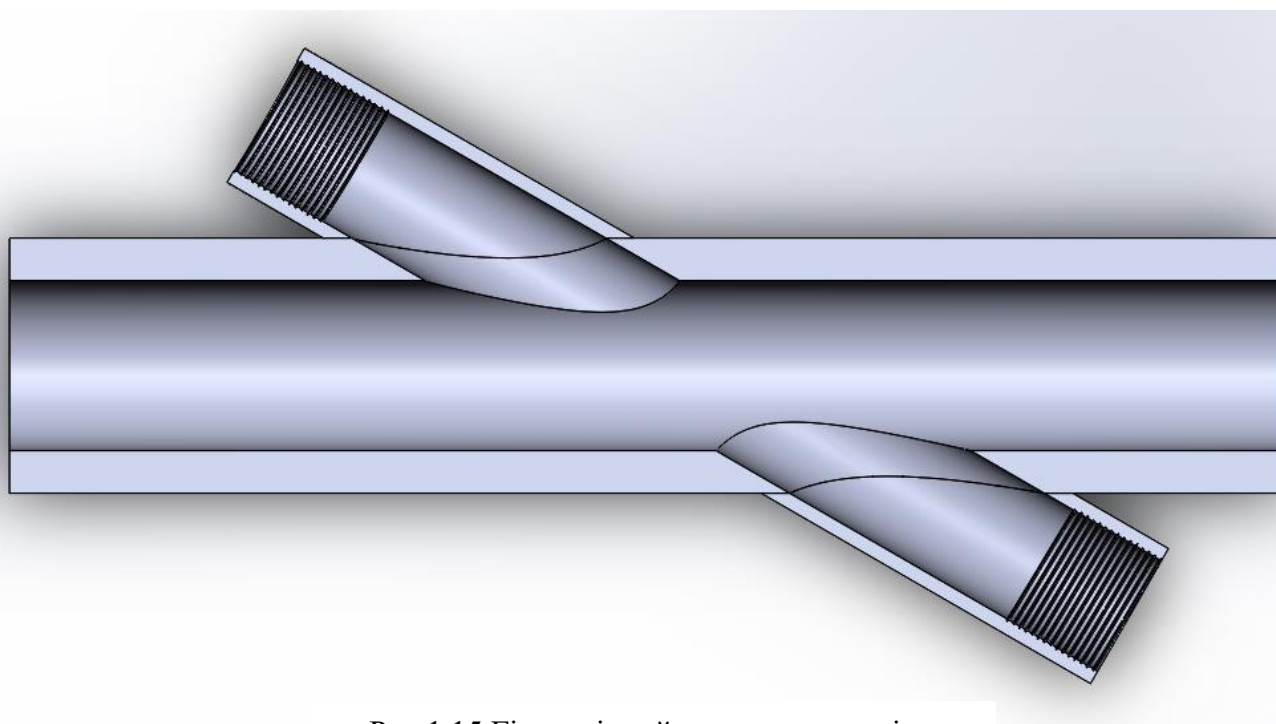


Рис.1.15 Гідравлічний канал витратоміру

Дослідження процесу руху фарби у витратомірі.

Для початку задамо початкові умови. Умови задаються у вікні Flow Simulation – Мастер проєкта. У вікні, що з'явилося, необхідно вибрати потрібно наступні параметри:

- Систему одиниць виміру СИ; Тип рідини заданої користувачем – фарба_20;

Інші параметри залишаються за замовчуванням.

Для проєкту встановлюємо наступні граничні параметри:

- Масовва витрата на вході $Q=0.006\text{кг/с}$
- Тиск навколишнього середовища $P=101325\text{Па}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПМ6118.00.ПЗ

Лист

39

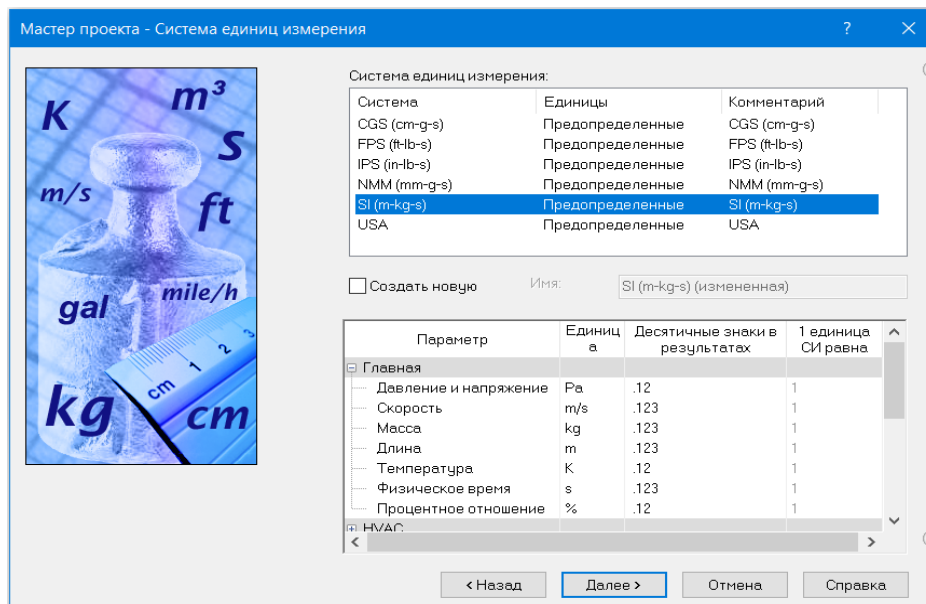


Рис.1.16 налаштування майстра проекта

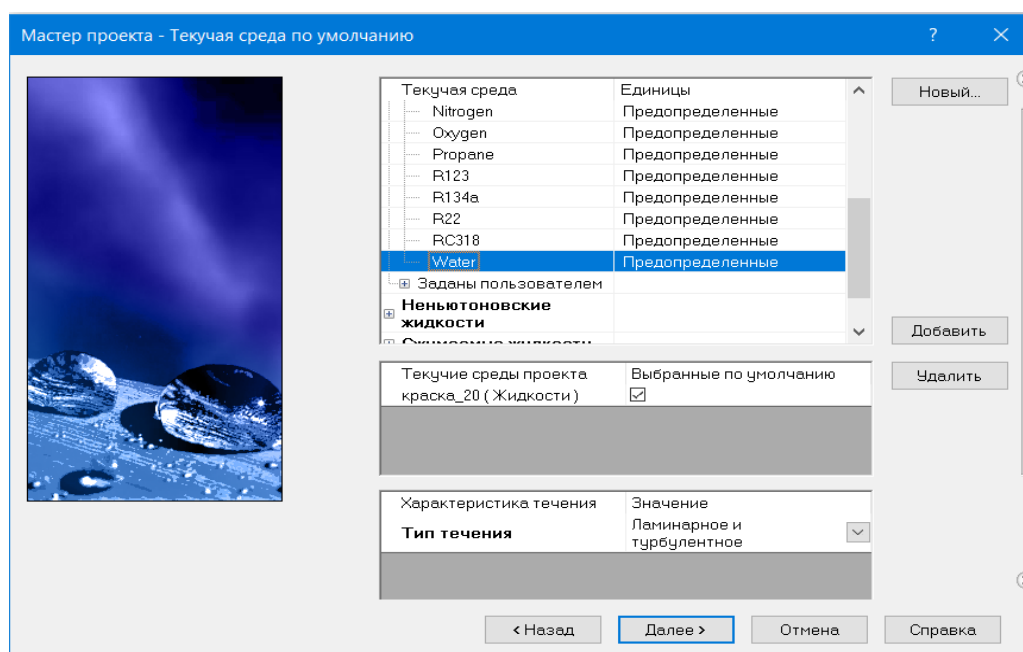


Рис.1.17 налаштування майстра проекта

Данні вводяться у вкладці “Граничные условия”

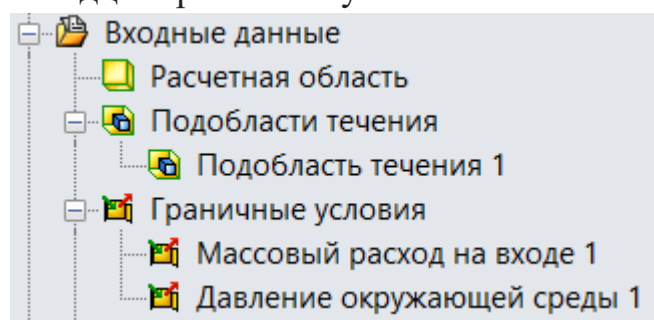


Рис.1.18 Вхідні данні

На рис.1.19 представлено графік розподілення швидкості фарби

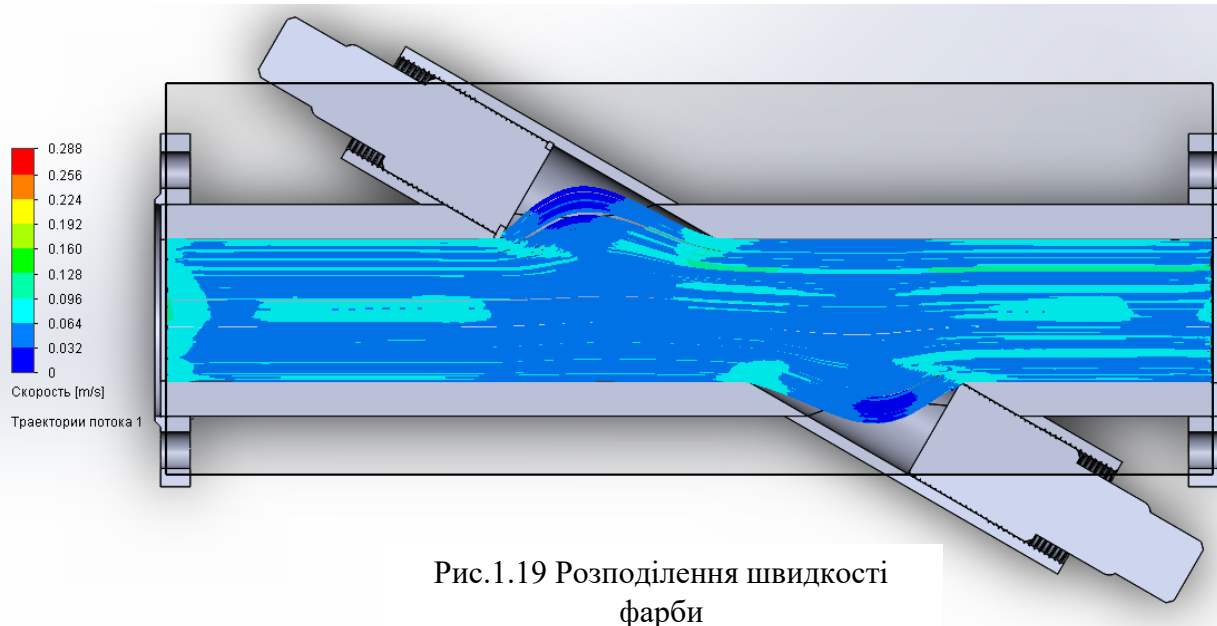


Рис.1.19 Розподілення швидкості фарби

7. Розрахунок метрологічних характеристик приладу

7.1.Статична характеристика.

Статична характеристика елемента системи – це залежність вихідного сигналу від вхідного сигналу в сталому режимі. Вона встановлює залежність

$y = f(x)$. Статична характеристика може бути представлена рівнянням, таблицею або графіком. Статична характеристика може бути лінійною чи нелінійною. Якщо характеристика описується лінійним рівнянням і має вид прямої лінії, то вона лінійна. Якщо характеристика описується нелінійним рівнянням та має криволінійний вигляд або вигляд ламаної лінії, то вона нелінійна.

Для розрахунку статичної характеристики та побудови її графіків буде використовуватись математична модель приладу.

$$\Delta t \approx \varphi \frac{2VL \cos \theta}{Fc^2} Q;$$

Для розрахунку статичної характеристики $f(Q) = \Delta t$, потрібно розрахувати коефіцієнт φ .

$$\varphi = \frac{V_{\text{сеп}}}{V_{\text{max}}}, (1.6)$$

де, $V_{\text{сеп}}$ – середня швидкість потоку, V_{max} – максимальна швидкість потоку.

Середню швидкість можна розрахувати за рівнянням

$$Q = V_{\text{сер}} \cdot F; (1.7)$$

$$V_{\text{сер}} = \frac{Q}{F}; (1.8)$$

F - площа перерізу ділянки трубопровода

$$F = a^2 = 0,576 \text{ м}^2, (1.9)$$

Підставляємо отриманий результат в формулу (1.8)

$$\varphi = \frac{\frac{Q}{F}}{V_{\text{max}}}, (1.10)$$

Дослідивши потік у витратомірі, можемо підставити результати у формулу (1.11)

$$\varphi = \frac{0,006}{\frac{0,576}{1,262}} = 0,008; (1.11)$$

Отже вираз для статичної характеристики набуває вигляду

$$\Delta t \approx 0,008 \frac{2VL \cos \theta}{Fc^2} Q; (1.12)$$

Таблиця 1.1. Параметри витратоміра

Параметри	Значення
Площа перерізу ділянки, $F[\text{м}^2]$	0,576
Швидкість звуку в середовищі, $c[\text{м/с}]$	1700
Відстань між датчиками, $L[\text{м}]$	0,4

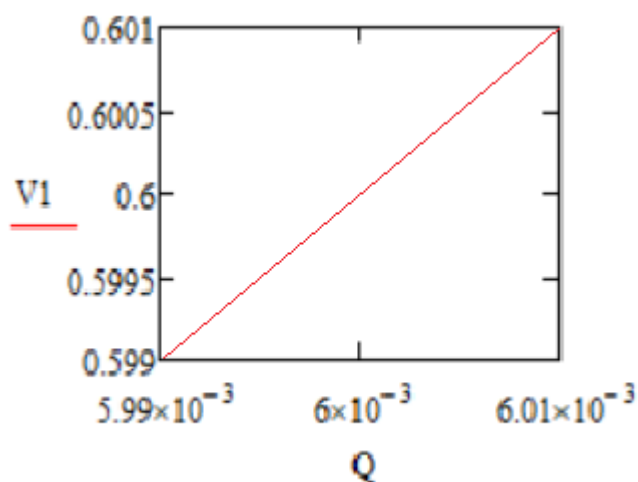


Рис. 1.20 Статична характеристика

7.4.Вимірювання похибок

Якість вимірювання приладу характеризується точністю його вимірювання. Чим вища точність, тим ближче до істинного значення вимірюваної величини, яке було отримано при вимірюваннях.

Оцінкою характеристики точності є похибка. Похибки класифікуються дивлячись на їх причини виникнення, впливу на результат і тд.

Основні види похибок: абсолютна та відносна.

Абсолютна похибка – це похибка між виміряним значенням та її істинним значенням.

$$\Delta = x - x_{\text{іст}}$$

Відносна похибка - це похибка, виражена відношенням абсолютної похибки до результату вимірювання.

$$\delta = \frac{\Delta}{x_{\text{іст}}}$$

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1.Опис конструкції

В основі конструкції витратоміра лежить корпус (рис. 2.1) на якому з двох сторін знаходяться кріплення ультразвукових датчиків. Корпуси кріплення датчиків мають внутрішнє різьблення. Кріплення фіксуються на корпусі за допомогою зварювання. Витратомір кріпиться за допомогою фланцевого з'єднання.

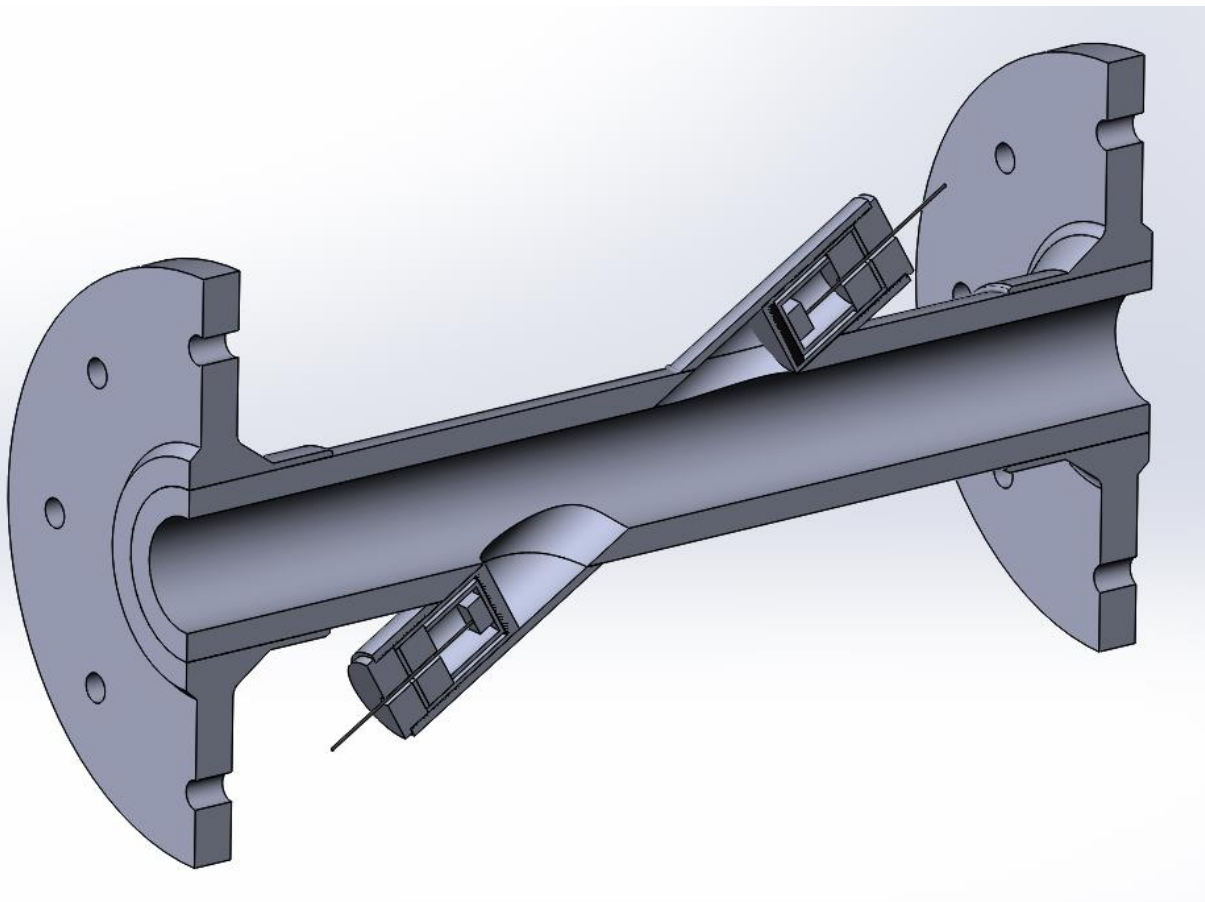


Рис.2.1 Ультразвуковий витратомір

2.2.Розрахунок критерії технологічності приладу

2.2.1. Технологічність конструкції

Технологічність конструкції — це сукупність властивостей конструкції виробу, які проявляються у можливості оптимальних (найвигідніших техніко-економічних) витрат праці, коштів, матеріалів і часу при технологічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті виробу.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПМ6118.00.ПЗ

Лист

44

Технологічність конструкції виробу характеризує можливість його виготовлення, експлуатації та зберігання за умов використання наявних у виробника та споживача виробу трудових, матеріальних, енергетичних та інших ресурсів. Будь-який виріб повинен бути технологічно раціональним для заданих конкретних умов підготовки його виробництва, виготовлення, експлуатації та ремонту. Ці вимоги слід знати конструктору до початку розробки конструкції виробу.[26,28]

Таблиця 2.1 Уніфікація деталей приладу.

№	Назва деталі	К-ть деталей	Уніфікація
1	Корпус	1	н/уніф.
2	Фланці	2	уніф.
3	Тримачі датчика	2	н/уніф.
4	Датчики	2	н/уніф.
5	Заземлювач	1	уніф.
6	Гвинт з полукруглою головкою ГОСТ 17473-80 М4 х 4-Z	2	уніф.

Таблиця 2.2 Уніфікація складальних одиниць приладу

Назва складальної одиниці	К-ть деталей	уніфікація
Датчик	8	н/уніф.
Корпус в зборі	5	н/уніф.

Таблиця 2.3 Уніфікація операцій приладу

					<i>ПМ6118.00.ПЗ</i>	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

№	Операція	Уніфікація
1	Встановити	н/уніф.
2	Контролювати	н/уніф.
3	Загвинтити	уніф

2.2.2. Критерії складності виробу.

Критерій складності виробу вираховується за наступною формулою:

$$K_{\text{скл}} = \frac{N_{\Sigma}}{n_{\Sigma}}, (2.1)$$

де, N_{Σ} - число основних складальних одиниць виробу;

n_{Σ} - загальне число деталей по специфікації

Діапазон значення критерію складності виробу:

- $K_{\text{скл}} < 0.2$ – незадовільна технологічність
- $0.2 < K_{\text{скл}} < 0.4$ – задовільна технологічність
- $K_{\text{скл}} > 0.4$ – добра технологічна

Підставивши наші значення в вищевказану формулу (2.1) отримаємо:

$$K_{\text{скл}} = \frac{2}{7} = 0,28,$$

Оскільки значення $K_{\text{скл}}$ знаходиться в діапазоні $0.2 < K_{\text{скл}} < 0.4$, то технологічність задовільна за критерієм складності.

2.2.3. Критерій уніфікації виробу.

Критерій уніфікації виробу вираховується за наступною формулою:

$$K_y = \frac{(N_y + n_y)}{(N_{\Sigma} + n_{\Sigma})}, \quad (2.2)$$

де, N_y – число уніфікованих складальних одиниць;

n_y – число уніфікованих деталей;

Діапазон значення критерію уніфікації виробу:

- $K_y < 0.25$ – незадовільна технологічність
- $0.25 < K_y < 0.5$ – задовільна технологічність
- $K_y > 0.5$ – добра технологічна

Підставивши наші значення в вищевказану формулу (2.2) отримаємо;

$$K_y = \frac{0 + 4}{2 + 7} = 0.44$$

Оскільки значення K_y знаходиться в діапазоні $0.25 < K_{\text{скл}} < 0.5$, то технологічність задовільна за критерієм уніфікації.

2.2.4. Показник уніфікації складальних одиниць.

Показник уніфікації складальних одиниць вираховується за наступною формулою:

$$K_{yc} = \frac{N_y}{N_{\Sigma}}, \quad (2.3)$$

Діапазон значення показника уніфікації :

- $K_{yc} < 0.2$ – незадовільна технологічність
- $0.2 < K_{yc} < 0.4$ – задовільна технологічність
- $K_{yc} > 0.4$ – добра технологічна

Підставивши наші значення в вищевказану формулу (2.3) отримаємо;

$$K_{yc} = \frac{0}{2} = 0.$$

Оскільки значення K_{yc} знаходиться в діапазоні $K_{yc} < 0.2$, то технологічність за показниками уніфікації є незадовільна.

2.2.5. Показник уніфікації деталей.

Показник уніфікації складальних одиниць вираховується за наступною формулою:

$$K_{уд} = \frac{n_y}{N_{\Sigma}}, (2.4)$$

Діапазон значення показника уніфікації:

- $K_{уд} < 0.3$ – незадовільна технологічність
- $0.3 < K_{уд} < 0.6$ – задовільна технологічність
- $K_{уд} > 0.6$ – добра технологічна

Підставивши наші значення в вищевказану формулу (2.4) отримаємо:

$$K_{уд} = \frac{4}{2} = 0.5.$$

Оскільки значення $K_{уд}$ знаходиться в діапазоні $0.3 < K_{уд} < 0.6$, то технологічність за показниками уніфікації є задовільна.

2.2.6. Показник уніфікації технологічного процесу.

Показник уніфікації технологічного процесу вираховується за наступною формулою

$$K_{утп} = \frac{K_{ун.опр}}{K_{заг.опр}}, (2.5)$$

Діапазон значення показника уніфікації:

- $K_{утп} < 0.5$ – незадовільна технологічність
- $0.5 < K_{утп} < 0.75$ – задовільна технологічність

- $K_{y\text{тп}} > 0.75$ – добра технологічна

Підставивши наші значення в вищевказану формулу (2.5) отримаємо:

$$K_{y\text{тп}} = \frac{1}{3} = 0.3.$$

Оскільки значення $K_{y\text{тп}}$ знаходиться в діапазоні $K_{yc} < 0.5$, то технологічність за показниками уніфікації є незадовільна.

2.2.7. Комплексний показник уніфікації виробу.

Комплексний показник уніфікації виробу вираховується за наступною формулою:

$$K_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{n}, (2.6)$$

де, n – кількість показників технологічності;

Діапазон значення комплексного показника уніфікації:

- $K_{\Sigma} < 0.3$ – незадовільна технологічність
- $0.3 < K_{\Sigma} < 0.5$ – задовільна технологічність
- $K_{\Sigma} > 0.5$ – добра технологічна

Підставивши наші значення в вищевказану формулу (2.6) отримаємо:

$$K_{\Sigma} = \frac{0.28 + 0.44 + 0 + 0.5 + 0.3}{5} = 0.304.$$

Оскільки значення K_{Σ} знаходиться в діапазоні $K_{\Sigma} < 0.3$, то технологічність за показниками уніфікації є задовільна.

В результаті розрахунків ми отримали задовільну технологічність даного приладу. Проте через деякі незадовільні показники, виробництво приладу займе більше часу.[27,28]

2.3. Технологічне проєктування

Технологічне проектування полягає в виборі найбільш економічного для даних конкретних умов способу виробництва заготовок і деталей, визначенні послідовності і виду операцій обробки і складання, виборі необхідного знаряддя виробництва і регламентації його використання, визначенні трудомісткості і вартості вибраного технологічного процесу. Технологічний процес повинен бути спроектованим так, щоб обладнання, інструменти, пристосування, сировина, виробничі площі використовувались найбільш повно і правильно при умовах комплексної механізації і автоматизації процесів виробництва, полегшення і безпеки праці.

Розробка технологічного процесу включає

- Вибір заготовки;
- Вибір технологічних баз;
- Підбір типового технологічного процесу;
- Визначення послідовності і змісту технологічних операцій;
- Визначення, вибір та замовлення нових засобів технологічного обладнання;
- Призначення та розрахунок режимів обробки;
- Нормування процесів
- Визначення професій та кваліфікацій виконавців;
- Організація заготівельних ділянок;
- Вибір засобів механізації і автоматизації елементів технологічних процесів;
- Створення планувань виробничих ділянок і розробка операцій переміщення заготовки і відходів;
- Оформлення робочої документації та технологічних процесів;

Загальні правила розробки технологічних процесів

- Розробка типових технологічних процесів і операцій

- Типовий технологічний процес розробляється для виготовлення в конкретних виробничих умовах типового представника групи виробів, що володіють загальними конструктивно- технологічними ознаками. До типового представника групи виробів відносять виріб, обробка якого потребує найбільшої кількості основних і допоміжних операцій, характерних для виробів, що входять в цю групу.
- Необхідність розробки типових технологічних процесів визначається економічною доцільністю, що залежить від кількості виробів, які увійшли в групи, і частоти їх застосовності.
- Типізація технологічних процесів здійснюється в двох взаємопов'язаних напрямках: - типізація комплексних технологічних процесів виготовлення однотипних виробів; - типізація і стандартизація окремих операцій обробки різних виробів.
- Типовий технологічний процес може бути оперативним і перспективним.
- Оперативний типовий технологічний процес повинен відображати прогресивний стан технології в даний момент.
- Перспективний типовий технологічний процес повинен передбачати подальше її вдосконалення виробництва з урахуванням розвитку науки і техніки в області технології.
- Типові технологічні процеси на вироби, оформлюються груповими конструкторськими документами відповідно з ГОСТ 2.113- 70, розробляють при збігу технологічних ознак цих виробів.
- Типові технологічні процеси розробляють на основі застосування переважно стандартних засобів технологічного оснащення.
- Розробка робочих технологічних процесів і операцій
 - Інформаційною основою при розробці технологічних процесів є типові технологічні процеси і стандарти на технологічні операції.
 - Розробка робочих технологічних процесів на підставі типових в загальному випадку включає: - віднесення обробленого виробу на підставі

технологічного класифікатора до відповідної класифікаційної групи; - вибір за кодом типового технологічного процесу; - уточнення складу і послідовності операцій; - уточнення вибраних засобів технологічного оснащення.

- При розробці технологічних процесів на оригінальні вироби використовують: - окремі стандарти на технологічні операції (в тому числі операції групового методу оброблення); - зворотню, переналаштовуюче (стандартну) оснащення і, при необхідності, спеціальне оснащення.
- Впровадження технологічного процесу здійснюється в відповідно до порядку, встановленого на підприємстві. [30]

2.4 Розрахунок розмірного ланцюга

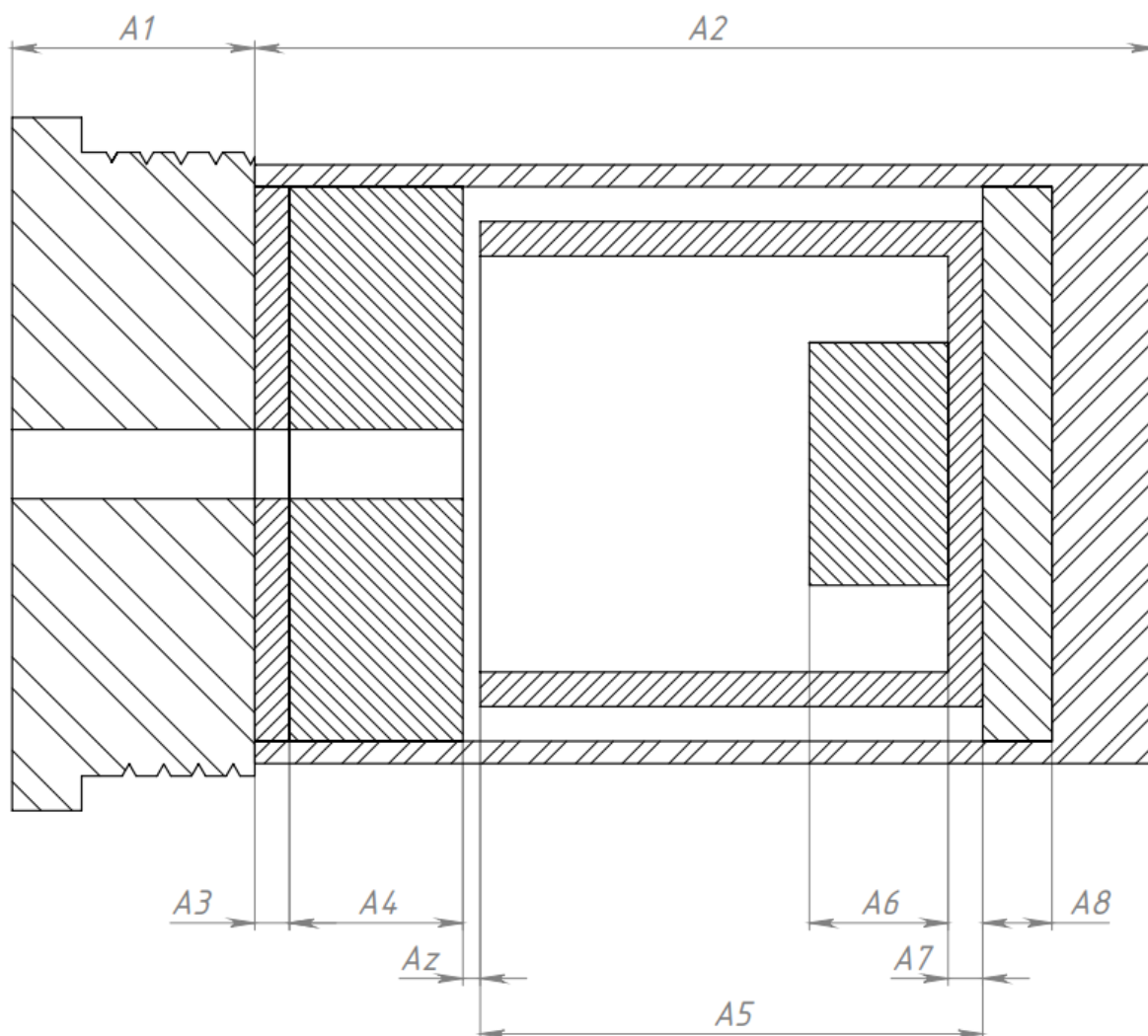


Рис.2.2 Ультразвуковий датчик

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПМ6118.00.ПЗ

Лист

52

Таблиця 2.1 Значення ланок розмірного ланцюга, їх відхилення

Ланка0	Номинальний розмір, мм	Допуск, мм	Середина поля допуску	Тип ланки
A1	7	± 0.04	+0.02	Збільшуюча
A2	26	+0,1	+0.05	Збільшуюча
A3	1	± 0.025	0	Зменшуюча
A4	5	+0.04	+0.02	Зменшуюча
A5	14,5	+0.05	+0.025	Зменшуюча
A6	4	± 0.03	0	Зменшуюча
A7	1	± 0.025	0	Зменшуюча
A8	2	± 0.03	0	Зменшуюча

Координатний метод

Арифметична сума номінальних розмірів деталі дасть змогу знайти номінальне значення замкнутої ланки. Збільшуюча ланки використовує додатній знак, зменшуюча використовує від'ємний знак.

$$A_z = 7 + 26 - 1 - 5 - 14.5 - 4 - 1 - 2 = 9.5 \text{ мм}$$

Визначаємо координату середини поля допуску:

$$K_z = 0,265 + 0,02 + 0,05 - 0,265 - 0,02 - 0,025 = 0.025\text{мм}$$

$$\delta_z = 0.04 + 0.1 + 0.025 + 0.04 + 0.05 + 0.03 + 0.025 + 0.03 = 0.34\text{мм}$$

Верхнє і нижнє відхилення розміру дорівнюють

$$B_z = K_z + 0.5\delta_z = 0.025 + 0.5 * 0.34 = 0.195\text{мм}$$

$$\delta_z = K_z - 0.5\delta_z = 0.025 - 0.5 * 0.34 = -0.145\text{мм}$$

Отже замикаюча ланка A_z дорівнює:

$$A_z = 9.5^{+0.195}_{-0.145}$$

2.3.1. Схема складального складу

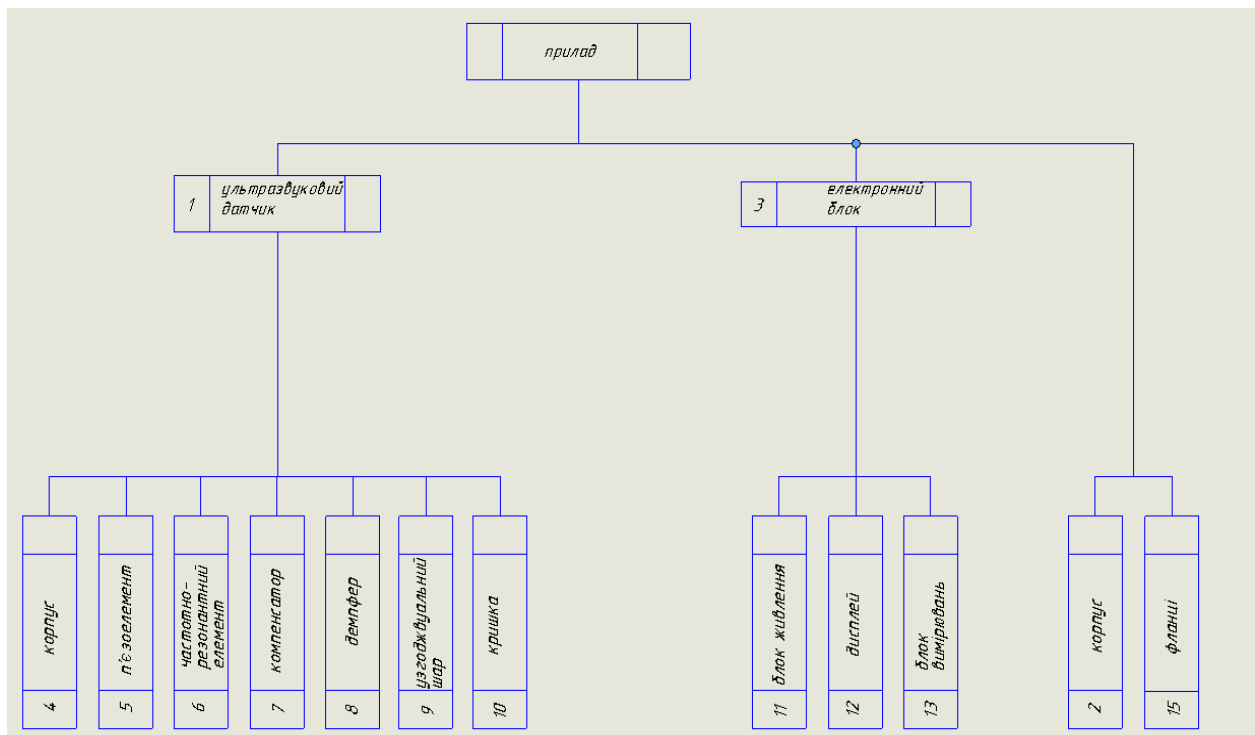


Рис. 2.3 схема складального складу

2.3.2. Технологічна схема складання

Для розробки послідовності складальних операцій необхідно провести розчленування виробу що складається на складові частини. При цьому враховують такі вимоги:

- складальну операцію не слід членувати в процесі складання, транспортування і монтажу.

- складальним операціям передують підготовчі і припасувальні роботи, які виділяють у самостійній операції.
- габаритні розміри складальних одиниць встановлюють з врахуванням наявності підйомно-транспортних засобів [32]

Технологічна схема складання представлена на рис. 2.4

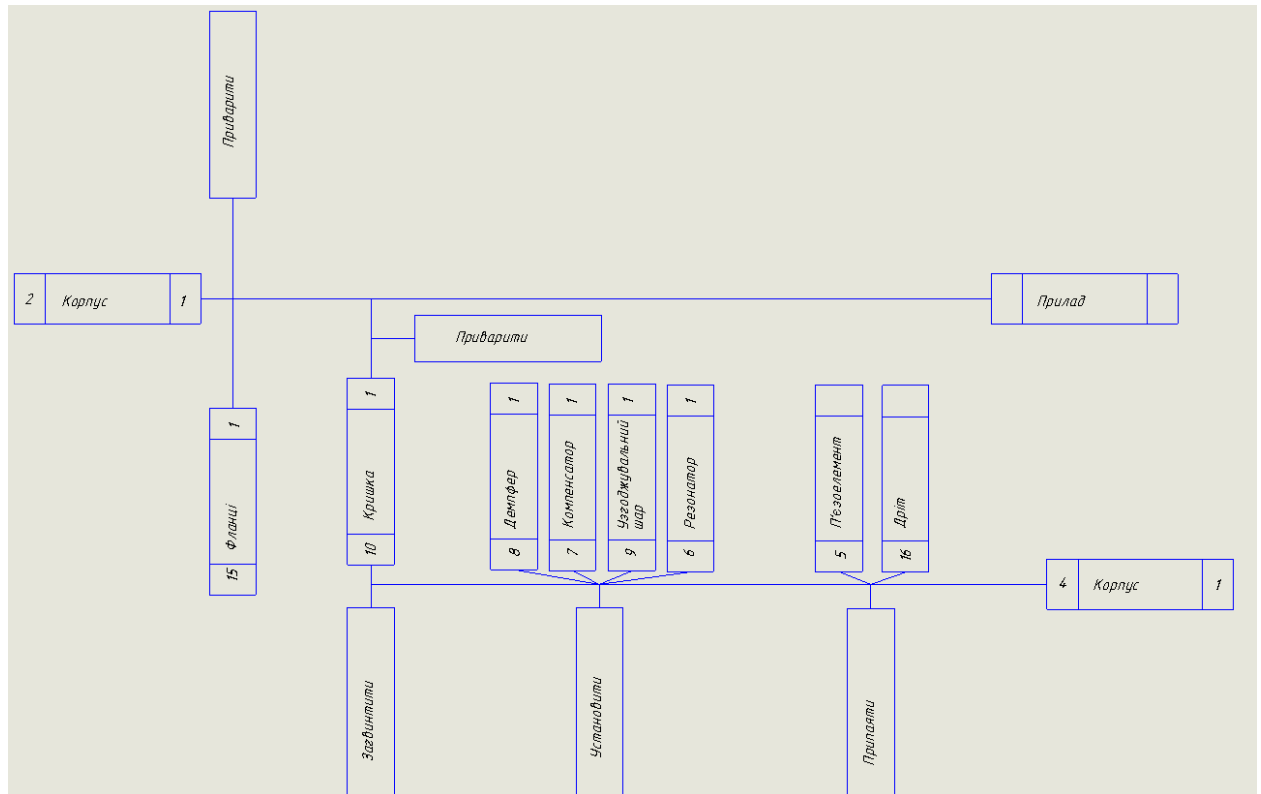


Рис. 2.4 технологічна схема складання

ВИСНОВОК

В цій роботі було розглянуто та порівняно два типи витратомірів. Вибрано більш оптимальний вид та метод вимірювання та на основі цього позроблено витратомір.

Основною перевагою всіх електромагнітних витратомірів є широкий діапазон вимірювання витрати та відсутність втрат по тиску. Причому параметри рідини (щільність, температура, тиск, мала в'язкість) не впливають на якість і точність вимірювань. Тому електромагнітні витратоміри можна використовувати при роботі практично з будь-яким середовищем, головне враховувати мінімальне значення електропровідності рідини. Прилади мають високу точність вимірювання, стійкість до корозії. У приладів є цифрові виходи RS232 / RS422, RS485, що дозволяє передавати сигнали по протоколам Modbus RTU, HART, Profibus DP, програмувати їх і інтегрувати витратоміри в АСУ.

Електромагнітні витратоміри застосовуються в різних галузях промисловості, в умовах, де інші методи непридатні, в тому числі, наприклад, для вимірювання витрати: - пульсуючого потоку; турбулентного і ламінарного потоку; хімічних агресивних і корозійно-активних рідин.

Ультразвукові витратоміри придатні для вимірювання як рідких, так і газоподібних речовин. Для функціонування витратомірів Доплера обов'язковою умовою є наявність частинок в потоці, від яких буде відображатися сигнал, тому лічильники цього типу ідеально підходять для вимірювання витрати забруднених рідин і пульпи (наприклад, в сфері промислового очищення води, стічних вод). Також дані витратоміри знайшли широке застосування у вирішенні завдань точного дозування речовин (харчова промисловість, фармацевтика, хімічне виробництво). Існує величезна кількість модифікацій витратомірів для нафтохімічної промисловості, а також газовидобутку. Висока точність вимірювань, а також можливість вимірювання витрати без руйнування трубопроводу і калібрування лічильника дозволили ультразвуковим витратомірам міцно зайняти лідируючі позиції на ринку вимірювань.

					<i>ПМ6118.00.ПЗ</i>	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Биргер Г.И., Бражников Н.И. Ультразвуковые расходомеры: Монография. — Москва: Металлургия, 1964. — 382 с.
- [2] П.П. Кремлевский “Расходомеры и счетчики количества.—Л.: Машиностроение, 1975. — 776с.; 1989.-701с
- [3] Бобровников Г.Н., Новожилов Б.М., Сарафанов В.Г. Бесконтактные расходомеры. — М.: Машиностроение, 1985.- 127с
- [4] Часово-імпульсний метод вимірювання витрати [Електронний ресурс] : Режим доступу:<http://www.rossnab-com.ru/index.php/articles/84-vi-princip.html>. — Назва з екрану.
- [5] Ультразвуковий метод вимірювання витрати [Електронний ресурс] : Режим доступу <https://eno-tek.ru/blog/teplo-blog/ultrasonic-method>. — Назва з екрану.
- [6] Принцип роботи ультразвукового витратоміра [Електронний ресурс] : Режим доступу <http://meterflow.ru/princip-deystviya-ultrazvukovogo-ra>. — Назва з екрану.
- [7] Стеценко А.А. Удосконалення ультразвукового методу і засобів вимірювання витрати текучого середовища у закритих каналах [Електронний ресурс] : Режим доступу:
http://www.metrology.kharkov.ua/fileadmin/user_upload/data_gc/grad_school/Dis_Stecenko.pdf
- [8] В.М.Левин Расходомеры малых расходов для схем промышленной автоматики М., «Энергия», 1972 72с. с ил (Б-ка по автоматике. Вып 472).
- [9] Витратоміри SITRANS F [Електронний ресурс] : Режим доступу:
<http://triada.com.ua/files/siemens/MAGFLO%20MAG%201100.pdf>
- [10] Перетворювачі сигналів електромагнітного витратоміра [Електронний ресурс] : Режим доступу:
http://tekhar.com/Price_list/Siemens/KIP/Sitrans%20MAG_5000_6000_5100_3100_1100.pdf

- [11] Пристрої для вимірювання витрати SITRANS [Електроний ресурс] : Режим доступу:<https://www.armatinal.ru/upload/files/doc/Ultrazvukovie-rashodomeri-s-podklyucheniem-Clamp-on.pdf>
- [12] Ультразвукові-лічильники витратоміри SITRANS [Електроний ресурс] : Режим доступу:<https://www.logika-consortium.ru/wp-content/uploads/2017/04/Opisanie-tipa.pdf>
- [13] Ультразвуковий лічильник «ДНЕПР-7» [Електроний ресурс] : Режим доступу: <http://dnepro-ukr.com.ua/ru/nasha-produkciya/uchet-zhidkостей/product-2-detail>
- [14] Ультразвуковий лічильник Еталон-рм [Електроний ресурс] : Режим доступу: <https://pacxodomep.com.ua/uk/projects-archive/ультразвуковий-витратомір-еталон-рм>
- [15] Цейтлин В.Г. Расходоизмерительная техника. М., изд-во стандартов, 1977, 240с.
- [16] Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества веществ: Справочник: Кн. 2/под общ. Редю Е.А. Шорникова. – 5-е изд., перераб. и доп. – Спб.: Политехника, 2004. – 412с.: ил.
- [17] Завойко Б. М. Технічна механіка рідин і газів: основні теоретичні положення та задачі [Текст]: навч. посібник / Б. М. Завойко, Н. П. Лещій ; наук. ред. В. М. Жук. — Львів: Новий світ-2000, 2004. — 120 с. — (Вища освіта в Україні).
- [18] Адаменко І. І. Фізика рідин та рідинних систем [Текст]: підручник / І. І. Адаменко, Л. А. Булавін. — К.: АКМА, 2006. — 660 с. — Бібліогр.: с. 655—656.
- [19] Паспорт до електромагнітного витратоміру SMAG 103 [Електроний ресурс] : Режим доступу: http://www.reciprotor.com/Files/Varer/SEKO/Flowmeter_English.pdf
- [20] Технологія LEA [Електроний ресурс] : Режим доступу: http://www.ti.com/lit/an/slaa720/slaa720.pdf?ts=1591482394798&ref_url=https://www.google.com/

- [21] Мікроконтроллер для ультразвукового витратоміра [Електроний ресурс] : Режим доступу: <https://www.ti.com/microcontrollers/msp430-ultra-low-power-mcus/ultrasonic-performance-sensing-mcus-overview.html#water>
- [22] Принципова схема [Електроний ресурс] : Режим доступу: <http://www.ti.com/microcontrollers/msp430-ultra-low-power-mcus/ultrasonic-performance-sensing-mcus-overview.html#waveform-capture-approach>
- [23] Розрахунок часопрохідних витратомірів [Електроний ресурс] : Режим доступу: <http://ultrasonic-time.ru/princip-dejstviya-ultrazvukovogo-rashodomera-vremyaimpulsnogo-tipa/>
- [24] Розрахунок статичної характеристики [Електроний ресурс] : Режим доступу: <https://kxtp.kpi.ua/common/bondarenko-tar-rgr-stat-ok.pdf>
- [25] Ультразвукові датчики [Електроний ресурс] : Режим доступу: <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/ultrazvukovye-datchiki/>
- [26] Захаркін О. У. Технологічні основи машинобудування : Навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / О. У. Захаркін ; Сумський держ. ун-т. — Суми : Видавництво СумДУ, 2004. — 98 с
- [27] Бучинський М.Я., Горик О.В., Чернявський А.М., Яхін С.В. ОСНОВИ ТВОРЕННЯ МАШИН / [За редакцією О.В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. — Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с. : 52 іл. ISBN 978-966-2989-39-7
- [28] Орлов П.И Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн.. /Под ред.. П.Н.Учаева. – М.: Машиностроение 1988. Кн.1 – 560 с., Кн. 2 – 544 с.
- [29] Технологичность конструкции изделия: Справочник/Ю.Д.Амиров и др. Подобщ. ред. Ю.Д.Амирова – М.: Машиностроение, 1990. – 768 с.
- [30] Технологічне проектування [Електроний ресурс] : Режим доступу: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294687/4294687648.pdf>
- [31] Розрахунок параметрів трубопроводу [Електроний ресурс] : Режим доступу: <http://www.прочность.рф/boiler/boiler.php>

[32] https://studopedia.su/14_31841_tehnologichni-shemi-skladannya.html

[33] SPI інтерфейс [Електроний ресурс] : Режим доступу:

<http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/interface/spi/index.htm>

[34] Збірник праць XIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ”, 13-14 травня 2020р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2020. – 395

					<i>ПМ6118.00.ПЗ</i>	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		